



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR – RC090342

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**

YUDITH VEMMY
NRP.3111.030.007

ADELIA MUNAWAROH
NRP.3111.030.038

Dosen Pembimbing
Ir.M.Sigit Darmawan,M.EngSc., Ph.D
NIP.19630726 198903 1 003

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT – RC090342

**STRUCTURAL DESIGN OF
GRAHA RA CLINIC SURABAYA
WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING
FRAME SYSTEM**

YUDITH VEMMY
NRP.3111.030.007

ADELIA MUNAWAROH
NRP.3111.030.038

Counsellor Lecture
Ir.M.Sigit Darmawan,M.EngSc., Ph.D
NIP.19630726 198903 1 003

**DIPLOMA 3 CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA DENGAN
METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi Diploma 3 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
Oleh :

MAHASISWA 1



YUDITH VEMMY

NRP.3111.030.007

MAHASISWA 2



ADELIA MUNAWAROH

NRP.3111.030.038

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



15/7/2014

Ir. M. SIGIT DARMAWAN , M.EngSc., Ph.D

NIP. 19630726 198903 1 003

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KLINIK
GRAHA RA SURABAYA DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

Nama mahasiswa : 1. Yudith Vemmy
2. Adelia Munawaroh
NRP : 1. 3111.030.007
2. 3111.030.038
Program Studi : Diploma 3 Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir.M.Sigit Darmawan,
M. EngSc., Ph. D.

Abstrak

Dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa salah satu metode yang dapat digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) . Metode ini dapat digunakan pada daerah zona gempa 1 sampai 4 . Pada proyek akhir ini penyusun mengambil objek pada pembangunan Gedung Klinik Graha RA Surabaya .

Dalam Perencanaan ini kami menghitung beban tiap lantai berdasarkan fungsi bangunan sesuai Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983). Sedangkan pembebanan gempa didasarkan pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI-03-1726-2002). Perhitungan struktur atas dan bawah menggunakan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002). Analisis yang digunakan dalam perencanaan beban gemp menggunakan analisis respon spektrum dan analisis strukturnya menggunakan analisis frame 3 dimensi .

Dari perhitungan yang dikerjakan, diperoleh hasil dimensi struktur atas yang terdiri dari tebal plat lantai dan atap 12 cm ; dimensi kolom 50 cm x 50 cm ; dimensi balok 40cm x 75 cm dan 25 cm x 40 cm ; tangga dengan lebar injakan 30 cm dan tinggi tanjakan 17 cm ; sedangkan pada struktur bawah dipakai tiang pancang Ø 40 dengan kedalaman 13 m

Kata kunci : SRPMM , Respon spektrum

STRUKTURAL DESIGN OF GRAHA RA CLINIC SURABAYA WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM

Student Name : 1. Yudith Vemmy
2. Adelia Munawaroh
NRP : 1. 3111.030.007
2. 3111.030.038
Study Program : Diploma 3 Civil Engineering
FTSP-ITS
Counsellor Lecture : Ir.M.Sigit Darmawan,
M. EngSc., Ph. D.

Abstract

Planning a structure of hold up the earthquake building, one of method which used Intermediate Moment Frame System (SRPMM). This methode can used in earthquake first – zone until fourth zone. At this final project, author takes the object at Graha RA Clinic Surabaya .

In this plan, we are counting the burdens of every floors based on the function of the building according to Encumbering Regulation For The Building of 1983 (PPIUG 1983), meanwhile the earthquake encumbering relied on procedures of planning of earthquake resilience for the building (SNI 03-1726-2002), the calculation of top and bottom structur are using procedures of Calculation of concrete structure for the building (SNI 03-2847-2002).

The Analyzed which is used in earthquake burden using the respon spektrum analyzed and anyalyzed of structure using the 3 frames dimension analysed.

From Calculation wich have been done, the calculatian is that the top structure consist of thick floor plate 12cm;column dimension 50 cm x 50 cm , dimension of main beam 40cm x 75 cm and 25 cm x 40 cm ; stair with 30 cm of ontrade width and 17 cm of uprade height;while on bottom structure got Ø 40 cm of piling dimension with 13 m of depth .

Keywords : SRPMM , Respon Spectrum

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya kepada kita. Shalawat dan salam selalu tercurah kepada pimpinan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga kami dapat menyelesaikan dan menyusun Laporan Proyek Akhir ini.

Tersusunnya Laporan Proyek Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi berbagai pihak yang banyak membantu dan memeberi masukan serta arahan kepada kami .Untuk itu kami ucapkan terimakasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara kami tercinta sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil terutama doanya.
2. Bapak Ir.M.Sigit Darmawan,M.EngSc., Ph. D., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan proyek akhir ini masih banyak kekurangan serta jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek akhir ini .

Semoga apa yang kami sajikan dapat memberi manfaat bagi pembaca dan semua pihak. Amin

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii

BAB I

PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dasar Teori	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).....	5
2.3 Data Umum Bangunan	5
2.4 Peraturan yang Dipakai	6
2.5 Pembebanan	7
2.5.1 Pembagian Pembebanan	7
2.5.2 Deskripsi Pembebanan	7
2.6 Perhitungan Struktur Sekunder.....	13
2.6.1 Perencanaan Pelat.....	13
2.6.2 Perencanaan Struktur Tangga.....	22
2.6.2 Perencanaan Atap.....	23
2.7 Perhitungan Struktur Primer.....	23
2.7.1 Perencanaan Struktur Balok	23
2.7.2 Perencanaan Struktur Kolom.....	28
2.8 Perhitungan Struktur Bawah	32
2.8.1 Perencanaan Sloof	32

2.8.2 Perencanaan Pondasi	33
2.8.3 Penyaluran dan Penyambungan Tulangan	37

BAB III

METODOLOGI	39
3.1 Pengumpulan Data	39
3.2 Perencanaan Dimensi Struktur (<i>Preliminary Design</i>)	40
3.3 Perhitungan Pembebanan	40
3.4 Analisa Gaya Dalam.....	41
3.5 Penulangan Struktur	41
3.6 Penggambaran	42
3.7 Data Perencanaan	42
3.7.1 Data Bangunan	42
3.7.2 Data Tanah	43
3.7.3 Data Bahan	43
3.8 Flow chart	44

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN	67
4.1 Perencanaan Dimensi Struktur	67
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok.....	67
4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom	76
4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat	80
4.1.3.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai.....	83
4.1.3.2 Perencanaan Dimensi Pelat Atap	88
4.1.4 Perencanaan Dimensi Sloof	94
4.2 Perhitungan Gempa	97
4.2.1 Respon Spektrum Gempa Rencana	100
4.2.2 Beban Dalam Analisis struktur Dinamis.....	101
4.2.3 Faktor Keutamaan	103
4.2.4 Faktor Reduksi gempa	103
4.2.5 Arah Pembebanan Gempa Respon Dinamik	103
4.2.6 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	106
4.2.7 Analisis Ragam Spektrum.....	106
4.2.8 Kontrol Simpangan Antar tingkat	107

4.2.9 Jenis tanah	110
4.3 Perhitungan Pelat.....	111
4.3.1 Pembebanan Pelat.....	111
4.3.1.1 Pembebanan Pelat lantai 1,2,3.....	112
4.3.1.2 Pembebanan Pelat Lantai 4	112
4.3.1.3 Pembebanan Pelat Lantai Atap	114
4.3.2 Perhitungan Penulangan Pelat	115
4.3.2.1 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai.....	118
4.3.2.2 Perhitungan Penulangan Pelat Atap	126
4.3.2.3 Tulangan Susut dan Suhu	134
4.4 Perhitungan Tangga.....	138
4.4.1 Perencanaan Dimensi Tangga	138
4.4.2 Pembebanan Tangga dan Bordes.....	140
4.4.3 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga	141
4.4.4 Perhitungan Balok Bordes.....	147
4.4.4.1 Perhitungan Penulangan Puntir	153
4.4.4.2 Perhitungan Penulangan Lentur	158
4.4.4.3 Panjang Penyaluran Balok Bordes	184
4.4.4.4 Kontrol Retak	188
4.4.4.5 Perhitungan Penulangan Geser	189
4.4.4.6 Detail Penulangan Balok Bordes	198
4.5 Perhitungan Balok Penggantung Lift	199
4.5.1 Data Perencanaan Lift	199
4.5.2 Beban yang Bekerja.....	200
4.5.3 Koefisien Kejut Beban Hidup oleh Keran.....	200
4.5.4 Perencanaan Balok Penggantung Lift	201
4.5.5 Pembebanan Balok Penggantung Lift	202
4.5.6 Penulangan Lentur Balok Penggantung Lift	202
4.5.7 Penulangan Geser Balok Lift.....	211
4.5.8 Detail Penulangan Balok Penggantung Lift	213
4.6 Pemodelan Struktur Bangunan	214
4.7 Perhitungan Balok	216
4.7.1 Perhitungan Penulangan Balok Induk Memanjang ...	220
4.7.1.1 Perhitungan Penulangan Puntir	230
4.7.1.2 Perhitungan Penulangan Lentur	235

4.7.1.3	Perhitungan Penulangan Geser	257
4.7.1.4	Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan.....	266
4.7.1.5	Kontrol Retak.....	270
4.7.1.6	Gambar Detail Penulangan Balok.....	272
4.7.2	Perhitungan Penulangan Balok Anak Melintang	274
4.7.2.1	Perhitungan Penulangan Puntir	283
4.7.2.2	Perhitungan Penulangan Lentur	288
4.7.2.3	Perhitungan Penulangan Geser	310
4.7.2.4	Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan.....	319
4.7.2.5	Kontrol Retak.....	323
4.7.2.6	Gambar Detail Penulangan Balok.....	325
4.8	Perhitungan Kolom	327
4.8.1	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom	327
4.8.2	Perhitungan Penulangan Geser Kolom.....	344
4.8.3	Perhitungan Sambungan Lewatan Vertikal Kolom...	349
4.8.4	Panjang Penyaluran Tulangan Kolom.....	350
4.8.5	Gambar Detailing Penulangan Kolom	352
4.9	Perhitungan Sloof	356
4.9.1	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom	357
4.9.2	Perhitungan Penulangan Geser Kolom.....	363
4.9.3	Panjang Penyaluran Tulangan Kolom.....	371
4.9.4	Kontrol Retak	374
4.9.5	Gambar Detailing Penulangan Sloof.....	376
4.10	Perhitungan Pondasi dan Poer	377
4.10.1	Perencanaan P1	380
4.10.1.1	Perhitungan Daya Dukung Ijin.....	380
4.10.1.2	Kekuatan Tanah dan Kekuatan Bahan	381
4.10.1.3	Kelompok Tiang Pancang.....	383
4.10.1.4	Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan dengan Efisiensi dengan metode AASHTO.....	384
4.10.1.5	Perencanaan Tebal Pile Cap (Poer).....	385
4.10.1.6	Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok	394
4.10.1.7	Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)	403

4.10.1.8 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan Kolom	412
4.10.2 Perencanaan P2.....	415
4.10.2.1 Perhitungan Daya Dukung Ijin.....	415
4.10.2.2 Kekuatan Tanah dan Kekuatan Bahan	416
4.10.2.3 Kelompok Tiang Pancang	418
4.10.2.4 Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan dengan Efisiensi dengan metode AASHTO.....	419
4.10.2.5 Perencanaan Tebal Pile Cap (Poer)	420
4.10.2.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok	428
4.10.2.7 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)	436
4.10.2.8 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan Kolom	442
4.10.3 Perencanaan P3.....	445
4.10.3.1 Perhitungan Daya Dukung Ijin.....	445
4.10.3.2 Kekuatan Tanah dan Kekuatan Bahan	446
4.10.3.3 Kelompok Tiang Pancang	448
4.10.3.4 Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan dengan Efisiensi dengan metode AASHTO.....	449
4.10.3.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok	450
4.10.3.6 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)	459
4.10.3.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan Kolom	464
4.10.4 Perencanaan P4.....	467
4.10.4.1 Perhitungan Daya Dukung Ijin.....	467
4.10.4.2 Kekuatan Tanah dan Kekuatan Bahan	468
4.10.4.3 Kelompok Tiang Pancang	470
4.10.4.4 Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan dengan Efisiensi dengan metode AASHTO.....	471

4.10.4.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam	
Kelompok	472
4.10.4.6 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)	483
4.10.4.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan	
Kolom	488

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	493
5.2 Saran	498

DAFTAR PUTAKA	501
----------------------------	------------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor Keutaman I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan	8
Tabel 2.2	Faktor Daktilitas Maksimum ,Faktor Reduksi Gempa ,Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem Dan Subsistem Struktur Gedung	9
Tabel 2.3	Koefisien Yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung	10
Tabel 2.4	Jenis Tanah	12
Tabel 2.5	Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tida Dihitung	14
Tabel 2.6	Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior.....	15
Tabel 2.7	Lendutan Ijin Maksimum	17
Tabel 2.8	Panjang Penyaluran Batang Ulir Dan Kawat Ulir	37
Tabel 4.1	Nilai Respon Spektru Gempa Rencana	102
Tabel 4.2	Hasil Total Partisipasi Massa Ragam Ke-12	107
Tabel 4.3	Hasil Total kinerja Batas Layan Gedung	108
Tabel 4.4	Total Hasil Kinerja Batas Ultimit Gedung	109
Tabel 4.5	Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	184
Tabel 4.6	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis	185
Tabel 4.7	Faktor Beton Agregat Ringan	185
Tabel 4.8	Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	267
Tabel 4.9	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis	267
Tabel 4.10	Faktor Beton Agregat Ringan	268
Tabel 4.11	Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	320
Tabel 4.12	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis	320
Tabel 4.13	Faktor Beton Agregat Ringan	321
Tabel 4.14	Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	350
Tabel 4.15	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis	351
Tabel 4.16	Faktor Beton Agregat Ringan	351
Tabel 4.17	Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	371
Tabel 4.18	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis	372
Tabel 4.19	Faktor Beton Agregat Ringan	372
Tabel 4.20	Perhitungan Jarak x dan Y	395

Tabel 4.21	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	398
Tabel 4.22	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	401
Tabel 4.23	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	429
Tabel 4.24	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	432
Tabel 4.25	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	434
Tabel 4.26	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	452
Tabel 4.27	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	454
Tabel 4.28	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	457
Tabel 4.29	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	474
Tabel 4.30	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	477
Tabel 4.31	Perhitungan Jarak x dan Y	.....	481

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Respons spektrum gempa rencana.....	8
Gambar 2.2 Nilai β_c Untuk Daerah Pembebanan Bukan Persegi	36
Gambar 4.1 Denah Balok Induk BI-I yang Ditinjau	68
Gambar 4.2 Hasil Penampang Balok BI-I	69
Gambar 4.3 Denah Balok Induk BI-2 yang Ditinjau	70
Gambar 4.4 Hasil Penampang Balok BI-2	71
Gambar 4.5 Denah Balok Induk BA-I yang Ditinjau	72
Gambar 4.6 Hasil Penampang Balok BA-I	73
Gambar 4.7 Denah Balok Induk BA-2 yang Ditinjau	74
Gambar 4.8 Hasil Penampang Balok BA-2	74
Gambar 4.9 Denah Balok Lift (BL) yang Ditinjau	75
Gambar 4.10 Hasil Penampang Balok Lift (BL)	76
Gambar 4.11 Denah Kolom K1 yang Ditinjau	77
Gambar 4.12 Hasil Penampang Kolom K1	78
Gambar 4.13 Denah Kolom K2 yang Ditinjau	79
Gambar 4.14 Hasil Penampang Kolom K2	80
Gambar 4.15 Denah Pelat Lantai Tipe D yang Ditinjau	83
Gambar 4.16 Lebar Efektif Pada Balok T dan L	84
Gambar 4.17 Denah Pelat Atap Tipe F yang Ditinjau	89
Gambar 4.18 Denah Sloof S1 yang Ditinjau	94
Gambar 4.19 Hasil Penampang Sloof S1	95
Gambar 4.20 Denah Sloof S2 yang Ditinjau	96
Gambar 4.21 Hasil Penampang Sloof S2	97
Gambar 4.22 Potongan Gedung	99
Gambar 4.23 Grafik Respon Spektrum Gempa	101
Gambar 4.24 Input Kurva Respon Spektrum Pada SAP	103
Gambar 4.25 Input Respon Spektrum Arah X Pada SAP	104
Gambar 4.26 Input Respon Spektrum Arah Y Pada SAP	105
Gambar 4.27 Denah Plat Lantai Tipe D yang ditinjau	119
Gambar 4.28 Asumsi Tinggi Manfaat plat (dx.dy,t)	120
Gambar 4.29 Denah Plat Lantai Tipe F yang ditinjau	127

Gambar 4.30 Asumsi Tinggi Manfaat plat ($dx.dy,t$)	128
Gambar 4.31 Detail Penulangan Pelat Lantai	135
Gambar 4.32 Detail Penulangan Pelat Atap	137
Gambar 4.33 Denah Tangga	138
Gambar 4.34 Gambar Detail Tangga	139
Gambar 4.35 Potongan Pelat Tangga	141
Gambar 4.36 Tinggi Efektif Balok	149
Gambar 4.3.7Gaya Lintang Rencanan Komponen SRPMM	152
Gambar 4.38 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM .	189
Gambar 4.39 Diagram Gaya Geser Pada Balok	193
Gambar 4.40 Gambar Penulanga Balok Bordes B3	198
Gambar 4.41 Detail Penulangan Balok Lift	213
Gambar 4.42 Pemodelan Struktur	214
Gambar 4.43 Pemodelan 3D Struktur Tangga Tipe 1	215
Gambar 4.44 Pemodelan 3D Struktur Tangga Tipe 2	215
Gambar 4.45 Tinggi Efektif Balok	223
Gambar 4.46 Denah Pembalokan Lantai 2	223
Gambar 4.47 Pemodelan 3D Diagram Gaya Dalam Momen Lentur Balok	225
Gambar 4.48 Gaya Lintang Rencana Komponen SRPMM	229
Gambar 4.49 Luasan Acp dan Pcp	230
Gambar 4.50 Hasil Penulangan Torsi dan Lentur Balok B1-1 40/75 Frame 23	257
Gambar 4.51 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM .	257
Gambar 4.52 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok	259
Gambar 4.53 Detailing Penulangan Torsi,Lentur,Geser dan Pembengkokan Tulangan Balok B1-1 (40/75) frame23	272
Gambar 4.54 Sketa Penulangan Lentur dan Geser pada Balok BI-I (40/75 Frame 23)	273
Gambar 4.55 Tinggi Efektif Balok	275
Gambar 4.56 Denah Pembalokan Lantai 2	276

Gambar 4.57 Pemodelan 3D Diagram Gaya Dalam Momen Lentur Balok	278
Gambar 4.58 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok SRPMM	282
Gambar 4.59 Luasan Acp dan Pcp	283
Gambar 4.60 Hasil Penulangan Torsi dan Lentur Balok BA-I (25/40) Frame 118	310
Gambar 4.61 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM	311
Gambar 4.62 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok	312
Gambar 4.63 Detailing Penulangan Torsi,Lentur,Geser dan Pembengkokan Tulangan Balok BA-1 (25/40) frame 118	325
Gambar 4.64 Sketa Penulangan Lentur dan Geser pada Balok BA-I (25/40 Frame 118)	326
Gambar 4.65 Faktor Panjang Efektif (K)	335
Gambar 4.66 Diagram Interaksi Kolom	339
Gambar 4.67 Tinggi efektif Kolom	341
Gambar 4.68 Gaya Lintang rencana Untuk SRPMM	345
Gambar 4.69 Gambar detail Penulangan Kolom	352
Gambar 4.70 Akibat Momen Pada PCACOL	353
Gambar 4.71 Akibat Momen Pada PCACOL	354
Gambar 4.72 Tinggi Efektif Balok	358
Gambar 4.73 Diagram Interaksi Untuk $f_c'=25$ Mpa dan $f_y=$ 400 Mpa	360
Gambar 4.74 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok	364
Gambar 4.75 Detail Penulangan Lentur,Geser,dan Pembengkokan Tulangan Pada S1 (40/70) frame 487	376
Gambar 4.76 Geser Satu Arah Pada Poer	387
Gambar 4.77 Geser Dua Arah Pada Poer	388
Gambar 4.78 Arah Gaya Pada Poer P1 Akibat Beban Tetap	395
Gambar 4.79 Arah Gaya Pada Poer P1 Akibat Beban Sementara	397

Gambar 4.80Arah Gaya Pada Poer P1 Akibat Beban Sementara	400
Gambar 4.81 Mekanika Gaya Pada Poer Arah YX	404
Gambar 4.82 Mekanika Gaya Pada Poer Arah Y	408
Gambar 4.83 Gambar Stek Kolom	414
Gambar 4.84 Geser Satu Arah Pada Poer	420
Gambar 4.85 Geser Dua Arah Pada Poer	422
Gambar 4.86Arah Gaya Pada Poer P2Akibat Beban Tetap	429
Gambar 4.87 Arah Gaya Pada Poer P2 Akibat Beban Sementara	431
Gambar 4.88 Arah Gaya Pada Poer P2 Akibat Beban Sementara	434
Gambar 4.89 Mekanika Gaya Pada Poer Arah Y	437
Gambar 4.90 Gambar Stek Kolom	444
Gambar 4.91Arah Gaya Pada Poer P3Akibat Beban Tetap	451
Gambar 4.92 Arah Gaya Pada Poer P3 Akibat Beban Sementara	454
Gambar 4.93 Arah Gaya Pada Poer P3 Akibat Beban Sementara	457
Gambar 4.94 Gambar Stek Kolom	466
Gambar 4.95Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Tetap	473
Gambar 4.96Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Sementara	476
Gambar 4.97 Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Sementara	480
Gambar 4.98 Gambar stek Kolom arah X	490
Gambar 4.99 Gambar Stek Kolom Aray Y	491

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ada tiga jalur gempa yang bertemu di Indonesia dan dapat mengakibatkan terjadinya cukup banyak gempa di Indonesia. Maka dari itu dalam mendesain sebuah gedung khususnya di Indonesia harus dapat menahan beban akibat adanya gempa bumi. Beban gempa dalam perencanaan struktur beton merupakan beban khusus atau beban abnormal, kejadiannya dapat terjadi sekali dengan skala yang sangat besar selama masa layanan dari struktur bangunan tersebut.

Beban gempa merupakan beban yang sangat tidak dapat diperkirakan besar maupun arahnya. Besar gaya gempa sangat dipengaruhi oleh perilaku struktur tersebut. Maka dari itu diperlukan beberapa metode dalam mendesain bangunan tahan gempa dengan sistem yang baik dan benar. Metode desain untuk daerah gempa aktif adalah dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen yang dibagi menjadi Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) untuk zona gempa 1 dan 2, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) untuk zona gempa 3 dan 4, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk zona gempa 5 dan 6.

Gedung Klinik Graha RA ini terletak di daerah Pakuwon City Surabaya, berdasarkan SNI 03-1726-2002 Surabaya berada pada daerah zona gempa 2, harusnya sudah cukup didesain menggunakan SRPMB. Namun dalam tugas akhir ini akan didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Sistem ini dapat digunakan di zona gempa 1 hingga zona gempa 4. Hal ini bertujuan agar gedung mampu menahan keruntuhan saat menerima beban gempa yang lebih besar dari perencanaan sebelumnya, sebagai langkah untuk mengantisipasi kecenderungan berkembangnya zona kegempaan Indonesia yang memungkinkan daerah tempat berdirinya gedung ini mengalami hal serupa.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara menentukan dimensi struktur gedung (*Priliminary Design*)
2. Apa saja beban-beban yang bekerja dalam struktur gedung dan Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung
3. Bagaimana merencanakan penulangan struktur gedung dengan menggunakan metode sistem tangka pemikul momen menengah (SRPMM)
4. Bagaimana merealisasikan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik

1.3. Batasan Masalah

1. Aspek –aspek yang ditinjau :
 - Perencanaan struktur utama meliputi Balok dan kolom beton bertulang
 - Perencanaan struktur sekunder meliputi balok anak pelat lantai dan plat tangga beton bertulang
 - Perencanaan struktur atap Beton bertulang
 - Perencanaan Sloof,Peor,dan Pondasi tiang pancang
2. Analisa model struktur gedung beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) pada zona gempa 2
3. Perhitungan gaya dalam menggunakan program bantu SAP 2000
4. Menggunakan peraturan SNI 03-1726-2002 ,SNI 03-2874-2002,PBBI 1971,PPIUG 1983 .
5. Pehtiungan gempa menggunakan metode analisis *Respon Spektrum*
6. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan ,analisis biaya ,dan manajemen konstruksi

1.4. Tujuan

1. Menentukan dimensi dari struktur gedung (*Priliminary design*)
2. Menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan dan menganalisis gaya dalam yang bekerja pada gedung tersebut sehingga dapat diketahui kekuatan dari struktur tersebut dalam menahan beban gempa.
3. Merencanakan penulangan struktur gedung dengan menggunakan metode sistem tangka pemikul momen menengah (SRPMM)
4. Merealisasikan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik

1.5. Manfaat

1. Teoritis
 - Diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi secara lebih detail dalam tata cara perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa.
 - Dapat mengaplikasikan ilmu yang didapat dari pengerjaan tugas akhir ini pada saat bekerja / terjun ke lapangan .
2. Analitis
 - Dapat merencanakan struktur beton bertulang yang mampu menahan beban gempa rencana di daerah zona gempa 2
 - Mengetahui beban gempa yang bekerja struktur beton bertulang
 - Memperoleh gambaran tentang metode perhitungan struktur beton bertulang dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

Dalam tinjauan pustaka ini akan memaparkan tentang studi pustaka yang dijadikan sebagai landasan teori dalam perencanaan struktur gedung Klinik Graha RA menggunakan sistem rangka pemikul momen

Perencanaan gedung Klinik Graha RA ini menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dimana komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial dengan memenuhi ketentuan khusus pada *pasal 23.10*.

2.2 Sitem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Merupakan suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan – ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan *detailng* pasal 23.2 (2(3)) dan 23.10 .sistem ini pada dasarnya memiliki daktilitas sedang dan dapat dipergunakan pada zona 1 hingga 4 (Iswandi imran 2009)

2.3 Data Umum Bangunan

Gedung Klinik Graha RA Surabaya ini merupakan bangunan bertingkat yang terdiri dari 4 (empat) lantai dan akan direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momemn menengah (SRPMM).Berikut data-data perencanaan gedung yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan :

1. Data umum bangunan

- | | |
|--------------------|-----------------------------------|
| a. Nama Bangunan | : Gedung Klinik Graha RA Surabaya |
| b. Lokasi | : Jl.Pakuwon City L4/1 |
| c. Tinggi Bangunan | : 15,5 m |
| d. Luas Bangunan | : 5612 m ² |
| e. Zona gempa | : 2 |

2. Data teknis
 - a. Mutu beton ($f'c$) : 25 Mpa
 - b. Mutu tulangan (f_y) : 400 Mpa
3. Data tanah
 - Menggunakan data tanah dari hasil tes SPT (*Standart Penetration Test*)

2.4. Peraturan yang dipakai

1. Peraturan – peraturan
 - Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung (*SNI-03-2847-2002*)
 - Standart perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (*SNI 03-1726-2002*) dan (*SNI 03-1726-2003*) .
 - Perarutarn pembebanan indonesia untuk bangunan gedung (*PPIUG 1983*)
 - Peraturan beton bertulang indoesia (*PBBI 1971*)
 - Tabel grafik dan diagram interaksi untuk perhitungan struktur beton berdasarkan *SNI 1992*
1. Buku acuan referensi
 - Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Berdasarkan *SNI 03-2847-2002* (*ISWANDI IMRAN dan FAJAR HENDRIK*)
 - Dasar-dasar perencanaan beton bertulang (*Ir.W.C.VIS dan Ir.GIDEON H.KUSUMA M.Eng*).
 - Desain Beton Bertulang 2 (*Wang, C.K -Salmon*)
 - Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa (*Terzagi , Karl dan Ralph B.Peck*)

2.5. Pembebanan

2.5.1. Pembagian pembebanan

Berdasarkan acuan pada peraturan-peraturan diatas, Struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut :

1. Beban mati (*Dead Load*) dinyatakan dengan lambang DL
2. Beban hidup (*Live load*) dinyatakan dengan lambang LL
3. Beban angin (*Wind Load*) dinyatakan dengan lambang W (tidak diperhitungkan). untuk gedung tertutup dengan tinggi tidak lebih dari 16 m dengan lantai dan dinding yang memberi kekakuan cukup struktur utamanya tidak perlu diperhitungkan terhadap beban angin . (*PPIUG 1983 pasal 1.0-3*)
4. Beban gempa (*Earthquake load*) dinyatakan dengan lambang

2.5.2. Deskripsi pembebanan

1. Beban mati (*PPIUG 1983 pasal 1.0-1*)

Merupakan berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung tersebut.

2. Beban hidup (*PPIUG 1983 pasal 1.0-2*)

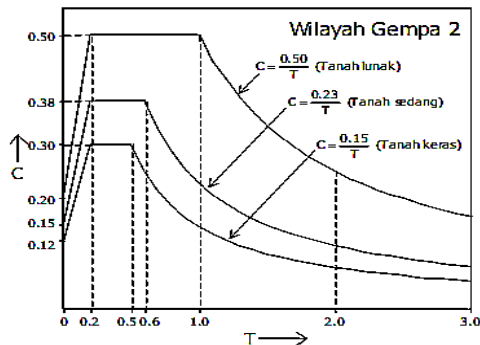
Merupakan semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung , dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah , mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu , sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap.

3. Beban Gempa

3.1 Respon Spektrum Gempa Rencana

Respon Spektrum adalah grafik yang menunjukkan nilai besaran respon spektrum dengan periode (waktu getar)

tertentu. Perhitungan respon dinamik struktur bangunan gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal, dapat dilakukan dengan metoda analisis agam spektrum dengan memakai spektrum respon gempa rencana.



Gambar 2.1 Respon Spektrum Gempa Rencana
(SNI 03-1726-2002 ,gambar 2)

3.2 Faktor Keutamaan dan Faktor Reduksi Gempa

Dalam menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur bangunan gedung serta berbagai peralatannya secara umum . Untuk berbagai kategori gedung tergantung pda tingkat kepentingan gedung pasca gempa , pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I).

Tabel 2.1. Faktor Keutamaan I Untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan

Kategori Gedung atau Bangunan	Faktor Keutamaan
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan	1
Monumen dan bangunan monumental	1
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak	1,6
Cerobong, tangki diatas menara	1,5

(SNI 03-1726-2002 ,gambar 2)

Tabel 2.2 Faktor daktilitas maksimum , faktor reduksi gempa maksimum,faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung

Sistem dan Subsistem Struktur Gedung	Uraian Sistem Pemikul Beban Gempa	μ_m	R _m	f
Sistem rangka pemikul momen (sistem struktur) yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur).	1. SRPMK			
	a. baja	5,2	8,5	2,8
	b. beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. SRPMM	3,3	5,5	2,8
	3. SRPMB			
	a. baja	2,7	4,5	2,8
	b. beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4	6,5	2,8

(SNI 03-1726-2002 , Tabel 2)

3.3 Arah Pembebanan Gempa Respon Dinamik

Dalam perencanaan struktur gedung arah utama pengaruh gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa ,shingga memberi pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur gedung secara keseluruhan (SNI 03-1726-2002 PsI.5.8.1)

Unkt menstimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan menurut pasal 5.8.1 harus dianggap efektif 100 % dan harus dianggap terjadi bersama dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30 % . (SNI 03-1726-2002 PsI.5.8.2)

3.4 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental

Sistem struktur yang direncanakan merupakan SRPM beton ,sehingga perkiraan waktu getar struktur : $T_1 < \zeta n$ berdasarkan (SNI 03-1726-2002 psl 5.6) dimana n= jumlah tingkat dan $T = 0,0731 H^{3/4}$ (untuk SRPMM beton) dengan koefisien ζ ditetapkan.

Tabel 2.3 Koefisien yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung

Wilayah Gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

(SNI 03-1726-2002 , Tabel 8)

3.5 Analisa Ragam Respon Spektrum

Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam menurut metode analisis respon dinamik harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa ragam efektif dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90 % (*SNI 03-1726-2002, pasal 7.2.1*)

3.6 Kontrol Simpangan

Simpangan antar tingkat (*drift*) adalah selisih pergoyangan pada suatu tingkat dengan tingkat dibawahnya. Simpangan antar tingkat ini harus diperhitungkan dalam dua kondisi yaitu kondisi batas layan dan batas ultimit .

a. Batas layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan perekatan beton yang berlebihan juga mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh gempa nominal yang telah dibagi faktor skala. (*SNI 03-1726-2002 Psl.8.1.1*).

Simpangan yang terjadi tidak boleh melampaui $\frac{0,03}{R}$ x tinggi tingkat atau 30 mm ,bergantung yang mana yang nilainya kecil

$$\Delta s = \frac{0,03}{R} \times h, \text{ berdasarkan } (1)$$

(*SNI 03-1726-2002 Psl.8.1.2*).

b. Batas Ultimit

Simpangan antar tingkat harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa rencana dalam kondisi gedung diambang keruntuhan untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa dan mencegah benturan berbahaya antar gedung atau

antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah(delatasi).

Simpangan struktur gedung akibat gempa nominal dikalikan dengan faktor pengali ζ :

- Untuk gedung beraturan :

$$\xi = 0,7 R \quad (2)$$

- Untuk gedung tidak beraturan :

$$\xi = \frac{0,7 R}{\text{faktor skala}}, \text{ berdasarkan} \quad (3)$$

(SNI 03-1726-2002 PsI.8.2.1)

- $\Delta m = \xi \times \Delta s$ dan tidak boleh lebih dari 0,02 kali tinggi tingkatnya

$$\Delta m \leq 0,02h, \text{ berdasarkan} \quad (4)$$

(SNI 03-1726-2002 PsI.8.1.2)

3.7 Jenis Tanah

Tabel 2.4 Jenis Tanah

Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rerata, v (m/det)	Nilai hasil test penetrasi standart rerata (N)	Kuat geser niralir rerata S_u (kPa)
Tanah keras	$V_s \geq 350$	$N \geq 50$	$S_u \geq 100$
Tanah sedang	$175 \leq V_s < 350$	$15 \leq N < 50$	$50 \leq S_u < 100$
Tanah lunak	$V_s < 175$	$N < 15$	$S_u < 50$
	atau, semua jenis tanah lempung lunak dengan total lebih dari 3m dengan $PI > 20$, $w_s \geq 40\%$ dan $S_u < 25 \text{ kPa}$		
Tanah khusus	diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

(SNI 03-1726-2002 psl.4.3)

3.8 Kombinasi pembebanan

Berdasarkan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung,

A. Input

Kombinasi pembebanan yang dimasukan dari hasil perhitungan beban dan gaya-gaya menggunakan program bantu SAP 2000 sebagai berikut:

- a) 1,4 DL
- b) 1,2 DL + 1,6 LL
- c) 1,2 DL + 1,0 LL \pm Spec _1
- d) 1,2 DL + 1,0 LL \pm Spec _2
- e) 0,9 DL \pm Spec _1
- f) 0,9 DL \pm Spec _2

Pada pembebanan Spec diuraikan menjadi :

- 1) Spec 1 = 100% X + 30 % Y
- 2) Spec 2 = 30% X + 100 % Y

B. Output

- 1) Hasil output bidang momen digambar dari masing-masing kombinasi kemudian dicari momen terluarnya.
- 2) Output SAP 2000 (V , M , dan P) digunakan untuk cek desain atau dimensi , juga perhitungan tulangan .

2.6. Perhitungan Struktur Sekunder

2.6.1. Perencanaan Pelat

Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan ,tapi juga ukuran dan syarat-syarat tumpuan tepi yang menentukan jenis perletakan dan penghubung ditempat tumpuan dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) ditumpu bebas : pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan
- 2) terjepit penuh : tumpuan mencegah pelat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir
- 3) terjepit sebagian : balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali
- 4) tertumpu kaku :tidak terjadi lendutan pada tumpuan
- 5) tertumpu elastis : tumpuan dapat melendut

(*Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang – Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon H.Kusuma M.Eng*)

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan struktur pada beban kerja . (*psl.11.5.1 - Tata cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung*) . Untuk memenuhi kebutuhan perhitungan pelat harus diketahui ketebalan dari pelat tersebut.

Syarat ketebalan pelat sebagai berikut :

1. Perencanaan Pelat satu arah (*One Way Slab*)

Dalam menentukan konstruksi pelat satu arah harus memenuhi ketentuan

$\frac{l_y}{l_x} > 2$ dan momen diperhitungkan pada dua arah sumbunya , dimana :

l_x : bentang pendek

l_y : bentang panjang

Tabel 2.5 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen Struktur	Tebal minimum (h)			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	l/20	l/24	l/28	l/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	l/16	l/18,5	l/21	l/8
CATATAN Panjang bentang dalam mm Nilai yang diberikan harus digunakan untuk komponen struktur dengan beton normal (ws 2 400 kg/m ³) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut : a. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1.500 kg/m ³ sampai 2.000 kg/m ³ nilai tadi harus dikalikan dengan [1,65-(0,0003)Ws] tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana Ws adalah berat jenis dalam kg/m ³ . b. Untuk fy selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan (0,4 + fy/700).				

(*SNI 03-2847-2002 tabel 8*)

2. Perencanaan Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Dalam menentukan konstruksi pelat satu arah harus memenuhi ketentuan

$\frac{l_y}{l_x} < 2$ dan momen diperhitungkan pada dua arah sumbu, dimana :

l_x : bentang pendek

l_y : bentang panjang

- Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (*SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3*) :

Tabel 2.6 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh f_y (Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
500	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$
a. Untuk tulangan dengan tegangan leleh diantara 300MPa dan 400MPa, atau diantara 400MPa dan 500MPa, gunakan interpolasi linear b. Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3.7(1) dan 15.3.7(2). c. Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi luar. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8						

(*SNI 03-2847-2002 tabel 10*)

- a) Untuk a_m yang sama atau $< 0,2$ harus memenuhi ketentuan pada tabel 10

(*SNI 03-2874-2002 Pasal 11.5.3.(3a)*):

- Pelat dengan penebalan 120mm
- Pelat tanpa penebalan 100mm

- b) Untuk $a_m > 0,2$ dan ≤ 2 ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta (\alpha m - 0,2)} \quad (5)$$

dan tidak boleh kurang dari 120mm.

- c) Untuk $a_m > 2$ ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \quad (6)$$

Dan tidak boleh kurang dari 90mm , dengan keterangan sebagai berikut :

h : tebal pelat

ln : bentang bersih arah memanjang panel pelat

f_y : tegangan leleh

β : rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek bentang pelat

a : rasio kekakuan balok terhadap pelat $= \frac{Ecblb}{Ecplp}$

a_m : nilai rata-rata a untuk semua balok pada tepi dari semua panel

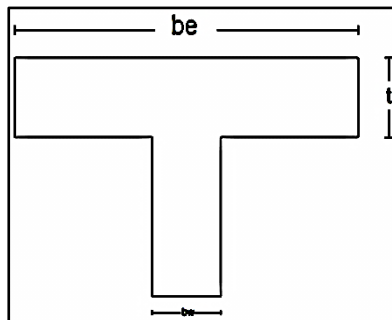
- d) Pada tepi yang tidak menerus balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan $a > 0,8$ atau sebagai alternatif ketebalan minimum sesuai persamaan (b dan c) harus dinaikkan paling tidak 10 %.
- Pelat dengan tebal kurang dari tebal minimum boleh digunakan apabila dapat ditunjukkan dengan perhitungan bahwa lendutan yang terjadi tidak melebihi batas lendutan yang ditetapkan dalam tabel 9 .(**SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.4**

Tabel 2.7 Lendutan ijin maksimum

Jenis komponen Struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$\frac{la}{180}$
Lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$\frac{l}{360}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup).	$\frac{lb}{480}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		$\frac{ld}{240}$

(SNI 03-2847-2002 tabel 9)

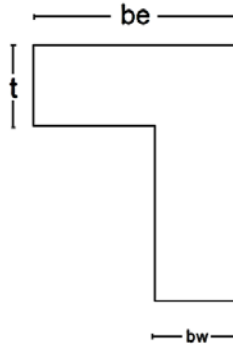
- Dalam bukunya (*Desain Beton Bertulang 2, Wang, C.K-Salmon*) menunjukkan bahwa momen inersia penampang bersayap dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasikan dengan nilai k .
- a. Lebar efektif flens balok T



Dimana diambil nilai yang terkecil dari :

$$b_e = b_w + 8t$$

$$b_e = b_w + 2(h - t)$$



Dimana diambil nilai yang terkecil dari :

$$b_e = b_w + 4t$$

$$b_e = b_w + (h - t)$$

b. Menentukan nilai k

nilai k dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut :

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

c. Menentukan nilai Momen inersia penampang balok

$$I = k \times \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

b_w = Lebar balok

h = Tinggi balok

d. Menentukan momen inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

b_p = Lebar pelat

h = Tebal pelat

e. Menentukan nilai rasio kekakuan balok terhadap pelat

α_1 = Rasio kekakuan balok

I_b = Momen inersia penampang balok

I_p = Momen inersia lajur pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

f. Permodelan dan analisa pada pelat

Permodelan pelat pada desain gedung ini menggunakan program bantu SAP 2000 untuk pelat berbentuk segitiga dan trapesium . sedangkan untuk menganalisa gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (**PBBI 1971 pasal 13.3.1**).

Pelat dua arah yang ditumpu pada keempat sisinya merupakan struktur statis tak tentu . Tepi-tepi pelat (menerus maupun tidak menerus) mengalami perputaran sudut sehingga pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya maka momen-momen yang terjadi sebagian besar akan diterima oleh tumpuan dan momen lapangan pasti lebih kecil . Lain halnya apabila pelat dimodelkan terjepit elastis maka momen lapangan cenderung mendekati tumpuannya .

➤ Ketentuan untuk perletakan yang diasumsikan jepit penuh adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} a_m \leq 0,375 & \text{sebagai tanpa balok tepi} \\ 1,875 > a_m \geq 0,375 & \text{sebagai balok tepi fleksibel} \\ a_m \geq 0,375 & \text{sebagai balok tepi yang kaku} \end{array}$$

Perhitungan pada pelat menggunakan persamaan :

$$M_{t_x} = -0,001 \times q \times Lx^2 \times X_x \quad (M_{tx})$$

$$M_{l_x} = 0,001 \times q \times Lx^2 \times X_x \quad (M_{lx})$$

$$M_{t_y} = -0,001 \times q \times Lx^2 \times X_y \quad (M_{ty})$$

$$M_{l_y} = 0,001 \times q \times Lx^2 \times X_y \quad (M_{ly})$$

3. Penulangan pelat

Penulangan pelat yang direncanakan untuk menahan beban-beban gravitasi yang biasanya merupakan suatu kesatuan struktur balok dan lantai berperilaku cukup baik sebagai penahan beban lentur dan sebagai diafragma horizontal untuk menyebarkan gaya gempa . Diameter minimum tulangan 8mm ,tulangan tarik minimum pada setiap arah dan pada kedua sisi harus sebesar 0,15 % untuk tulangan mutu tinggi dan 0,25 % untuk baja lunak (*Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang – Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon H.Kusuma M.Eng*).

1. Rasio penulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ sesuai (7)}$$

(SNI 03-2847-2002 ,pasal 10.4.3)

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b, \text{ sesuai (8)}$$

(SNI 03-2847-2002,pasal 112.3.3)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\mu = (\text{momen ultimate tumpuan atau lapangan arah x dan y})$$

$$M_n = \frac{\mu}{\phi}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right), \text{ jika } \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} \text{ maka } \rho_{\text{perlu}}$$

dinaikkan 30 %. Sehingga $\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$ dan $A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$

2. Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} < 2 \times h$$

3. Ketentuan khusus tulangan susut dan suhu (SNI 03-2847-2002 pasal 9.12)

- Pada pelat struktural dimana tulangan lenturnya terpasang dalam satu arah saja harus disediakan tulangan susut dan suhu yang arahnya tegak lurus terhadap tulangan lentur tersebut dengan rasio luas tulangan terhadap luas brutopenampang beton sebagai berikut:

a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300	0,0020
b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400	
c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%.	$(0,0018)400/f_y$

- Tulangan susut dan suhu harus dipasang $< 5h$ atau 450mm
 - Bila diperlukan tulangan susut dan suhu pada semua penampang harus mampu mengembangkan kuat leleh tarik f_y
 - Bila pergerakan akibat susut dan suhu terkekang maka harus memperhatikan persyaratan pada pasal-pasal 10.2.4 dan 11.2.7
4. Kontrol retak tulangan (*SNI 03-2847-2002 pasal 12.6.4*)
- Bila $f_y > 300$ MPA , maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian rupa sehingga nilai $z = f_s \cdot x^3 \sqrt{d c x A}$
 - $z = f_s \cdot x^3 \sqrt{d c x A} \leq 300$ MN /m (penampang dalam ruangan)
 - $z = f_s \cdot x^3 \sqrt{d c x A} \leq 25$ MN/m (penampang yang dipengaruhi cuaca luar)
 - f_s (tegangan pada tulangan akibat beban kerja)

$$= \frac{\text{momen maksimum tak terfaktor}}{\text{luas tulangan baja} \times \text{luas momen dalam}} \text{ atau } 60 \% f_y$$

- $A = 2 d c s$, s (jarak lebar retak yang digunakan)
- $\omega = 11 \times 10^{-6} \beta f_s \sqrt[3]{d c A}$
 - $\leq 0,4 \text{ mm}$ untuk penampang dalam ruangan
 - $\leq 0,3 \text{ mm}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar
- Spasi tulangan paling dekat permukaan tarik(S)

$$S = \frac{9500}{f_y} - 2,5 C_c < 300 \left(\frac{252}{f_s} \right)$$

2.6.2 Perencanaan struktur tangga

Elemen pada struktur tangga terdiri dari Anak tangga (dimana terdapat tahanan dan injakan) dan juga bordes. Perencanaan struktur tangga pada bangunan gedung tidak terpengaruh oleh keruntuhan gempa , struktur tangga ini menggunakan perletakan jepit-jepit. dalam perencanaannya harus memenuhi beberapa syarat berikut :

- $2t + i = 66 \text{ mm}$ sampai 67 mm
Dimana :
 - o t = tinggi injakan
 - o i = lebar injakan
- Panjang miring tangga

$$\sqrt{(\text{panjang tangga} - \text{bordes})^2 + (\text{tinggi tangga sampai bordes})^2}$$
- Panjang miring anak tangga

$$= \sqrt{i^2 + t^2}$$
- Jumlah tahanan (nt)

$$= \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi injakan}}$$
- Sudut kemiringan tangga (α)

$$= 25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$
- Besar gaya dalam dicari menggunakan program bantu SAP 2000
- Pembebanan tangga
 - o Pembebanan pada anak tangga
 - beban mati (PPIUG 1983 pasal 1.0.1)
 - beban hidup (PPIUG 1983 pasal 1.0.2)

- Pembebanan pada bordes
 - beban mati (PPIUG 1983 pasal 1.0.1)
 - beban hidup (PPIUG 1983 pasal 1.0.2)

- Penulangan Struktur Tangga
Perhitungan penulangan pada struktur tangga prinsipnya sama dengan perhitungan penulangan pada pelat

2.6.3 Perencanaan Atap

Perencanaan struktur atap pada Gedung klinik Graha RA ini menggunakan pelat beton, jadi perhitungan yang dilakukan prinsipnya sama dengan perhitungan pada perencanaan pelat.

2.7 Perhitungan Struktur Primer

2.7.1 Perencanaan Struktur Balok

1. Perencanaan Dimensi Balok

Balok dengan 2 tumpuan

Dimensi balok yang memiliki tumpuan di kedua ujungnya harus memenuhi persyaratan dibawah ini

$$h \geq \frac{l}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Balok dengan satu tumpuan (Kantilever)

Dimensi balok yang memiliki tumpuan di salah satu ujungnya harus memenuhi persyaratan dibawah ini

$$h \geq \frac{l}{8} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

2. Penulangan lentur dan torsi Balok

Berdasarkan *SNI 03-2874 pasal 23.10.4* tentang ketentuan terhadap balok :

- 1) Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/3 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang disepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/15 kuat

lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.

- 2) Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sebanyak jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakkan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih dari pada 50 mm dari muka perletakkan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- $d/4$

- $8 \times \emptyset$ tulangan longitudinal terkecil (tulangan arah memanjang)

- $24 \times$ diameter sengkang

- 300 mm

- 3) Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$

- 4) Perencanaan kuat lentur perlu

$$\begin{aligned} \bullet \text{Mu,b} &= 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{D,b} \\ &= 1,2 M_{D,b} + 1,0 M_{D,b} \pm 1,0 M_{RS,b} \\ &\text{dan seterusnya } \Phi M_{n,b} \geq \text{Mu,b} \end{aligned} \quad (9)$$

- 5) Perhitungan tulangan balok

- a. Menentukan nilai MU (SAP 2000) dari tumpuan dan lapangan

- b. Rencanakan f_y , f_c' , d , d' , d''

- c. $M_n = \frac{Mu}{\emptyset}$

- d. $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$

- e. $\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$, sesuai (10)

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.1.1)

$$f. \rho_{max} = 0,75 \rho_b, \text{ sesuai} \quad (11)$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.1.1)

$$g. m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$h. X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$i. X_{\text{coba-coba}} \text{ dimana } x < 0,75 \times b$$

$$j. d = bw - \text{decking} - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$$

$$k. d' = \text{decking} + \emptyset_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$$

$$l. Cc = T1 = 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times X$$

$$m. A_{sc} = \frac{T1}{f_y}$$

$$n. M_{nc} = A_{sc} \times f_y \left(d - \frac{\beta \times X}{2} \right)$$

$$o. M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$p. - \frac{M_u}{\emptyset} - M_{nc}$$

6) Kebutuhan tulangan sengkang

1. $(M_n - M_{nc}) > 0$: perlu tulangan rangkap

$$a. C_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$b. F_s' = \left(\frac{x - d''}{x} \right) \times 600$$

Jika $f_s' > f_y$, maka tulangan tekan leleh. $F_s' = f_y$

Jika $f_s' < f_y$, maka tulangan tekan tidak leleh. Maka:

$$a. A_s' = \frac{C_s}{f_s' - 0,85 f_c'}$$

$$b. A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

c. tulangan perlu :

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s = A_s'$$

d. kontrol jarak spasi tulangan

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{tul. sengkang}})(n \times \emptyset_{\text{tul. utama}})}{n - 1}$$

e. kontrol kekuatan

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi}$$

2. $(M_n - M_{nc}) < 0$, tidak perlu tulangan rangkap

$$a. \quad m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$b. \quad \rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

Jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%
 Sehingga $\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$, $A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

3. Tulangan geser dan torsi pada balok

Untuk menghitung tulangan geser dan torsi pada balok langkah yang dilakukan adalah :

1. Menentukan nilai V_u dan T_u

$$V_u = \frac{M_n \text{ kiri} + M_n \text{ kanan}}{L_n} \times \frac{W_u}{2} \quad (12)$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 23.10.3.(2))

$$2. \quad \sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

3. Kekuatan geser nominal beton bertulang V_n pada dasarnya merupakan kombinasi kekuatan antara geser yang mampu dipikul oleh baja tulangan V_s atau dalam persamaan :

$$a. \quad V_n = V_c + V_s \quad (13)$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.1.1)

$$b. \quad V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \quad (14)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 13.1.1)

$$c. \quad V_{s \text{ min}} = 1/3 \times b_w \times d$$

$$d. \quad V_{s \text{ max}} = \phi \sqrt{f_c'} \times 1/3 \times b_w \times d$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 13.5.4.(3))

$$e. V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \quad (15)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 13.5.6.(2))

$$f. A_v \text{ min} = \frac{b \times w}{3 f_y} \quad (16)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 13.5.5.(3))

4. Persyaratan balok untuk SRPMM(penulangan portal balok) berdasarkan *(SNI 03-2847-2002,, pasal 23.10.4.(2)) :*

- Kuat lentur positif komponen struktur lentur $\geq 1/3$ kuat lentur positif
- Sengkang diujung komponen struktur lentur dipasang sejarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka perletakan ke arah bentang.
- Sengkang pertama dipasang sejarak ≤ 50 mm dari muka perletakan
- Ketentuan spasimaksimum sengkang :
 - $\leq \frac{d}{4}$
 - $\leq 24 \Phi$ sengkang
 - $\leq 8 \Phi$ tulangan longitudinal terkecil
 - ≤ 300 mm

5. Cek kondisi

1. $V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$ (**tidak perlu tulangan geser**)
2. $0,5 \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$ (**perlu tulangan geser minimum**) , ($V_s \text{ perlu} = V_s \text{ min}$)
3. $\varphi \times V_c < V_u \leq (\varphi \times V_c + \varphi \times V_s \text{ min})$ (**perlu tulangan geser minimum**)
4. $(\varphi \times V_c + \varphi \times V_s \text{ min}) < V_u \leq (\varphi \times V_c + \varphi \times V_s \text{ max})$ (**perlu tulangan geser minimum**)
 $(\varphi \times V_s \text{ perlu} = V_u - \varphi \times V_c)$
5. $(\varphi \times V_c + \varphi \times V_s \text{ max}) < V_u \leq (\varphi \times V_c + 2 \varphi \times V_s \text{ max})$
 $(\varphi \times V_s \text{ perlu} = V_u - \varphi \times V_c)$

6. Kuat puntir beton

1. Pada struktur non-prategang pengaruh puntir dapat diabaikan bila nilai momen terfaktor (T_u)

$$T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (17)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 13.6.1.a)

2. Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir

$$\phi T_n \geq T_u \quad (18)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 13.6.3.5)

3. Tulangan sengkang yang dibutuhkan (T_n)

$$T_n = \frac{2 A_o A_t F_{yv}}{s} \cot \theta \quad (19)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 13.6.3.6)

2.7.2 Perencanaan Struktur Kolom

Sebuah kolom adalah suatu komponen struktur yang diberi beban tekan sentris maupun eksentris. Pada struktur yang sederhana kolom merupakan bagian dari struktural rangka. Bila pada bagian kolom atas dan bawah berhubungan kaku dengan komponen horizontal (balok) maka tegangan yang bekerja pada kolom selain aksial mungkin juga terdiri dari tegangan yang disebabkan oleh momen lentur . Kini dikatakan sebuah “ *Komponen struktur yang mendapat beban tekan eksentris* “

(*Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang – Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon H. Kusuma M.Eng*).

Langkah –langkah yang dilakukan dalam perhitungan Kolom Adalah :

1. *Primaliry desaign* kolom

- Perhitungan dimensi kolom

$$\frac{l_{kolom}}{l_{kolom}} \geq \frac{l_{balok}}{l_{balok}}$$

Keterangan :

I_{kolom} : inersia kolom ($\frac{1}{12} \times b \times h^3$)

l_{kolom} : tinggi bersih kolom

I_{balok} : inersia balok ($\frac{1}{12} \times b \times h^3$)

l_{balok} : tinggi bersih balok

2. Penulangan Kolom

Dalam perhitungan penulangan kolom langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Kontrol kelangsingan kolom

Untuk menghitung kelangsingan kolom langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{balok}}} \quad (20)$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.11.6)

$$EI = \frac{(0,2 E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta d} \quad (21)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.12.3)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta d} \quad (22)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.12.3)

$$P_c = \frac{\pi^2 EI_{\text{kolom}}}{(klu)^2} \quad (23)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.12.3)

$$\frac{klu}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M1}{M2} \right) \quad (24)$$

Untuk rangka portal tak bergoyang (tanpa *Breッシング*)

(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.12.2)

$$\blacksquare \frac{klu}{r} \leq 22 \quad (25)$$

Untuk rangka portal bergoyang (dengan *Breッシング*)
(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.13.2)

$$\blacksquare \text{ Jika } \frac{klu}{r} \leq 100$$

maka diperlukan perhitungan momen orde dua
(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.11.5)

b. Pembesaran momen

Untuk menghitung pembesaran momen langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Untuk rangka portal tak bergoyang

$M_c = \delta_{ns} \times M_2$ dengan,

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1 \quad (26)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.12.3)

- Untuk rangka portal bergoyang

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

(27)

(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.13.3)

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

(28)

(SNI 03-2847-2002,, pasal 12.12.3)

c. Perhitungan penulangan lentur

Untuk menghitung tulangan lentur langkah-langkah nya sebagai berikut :

- Tentukan harga β

- Mencari nilai M_{ox} dan M_{oy}

$$M_{ox} = M_{nx} + M_{ny} \left(\frac{h}{b} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) ; \text{ untuk } \frac{M_{ny}}{M_{nx}} \leq \frac{b}{h}$$

$$M_{oy} = M_{ny} + M_{nx} \left(\frac{h}{b} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) ; \text{ untuk } \frac{M_{ny}}{M_{nx}} \leq \frac{b}{h}$$

$$- \frac{p_u}{A_g} \text{ dan } \frac{\phi M_{ox}}{A_g \times h}$$

$$-\frac{pu}{Ag} \text{ dan } \frac{\phi Mox}{Ag \times h}$$

$-\rho_{\text{perlu}}$ (diperoleh dari diagram interaksi)

$$-As = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$$

d. Cek kemampuan kolom

Cek kemampuan kolom diperoleh berdasarkan langkah-langkah berikut :

- Hitung Mox dan Moy baru

- mencari nilai β (tabel hubungan interaksi lentur biaksial) $\left(\frac{Mny}{Moy}\right)^a + \left(\frac{Mnx}{Mox}\right)^a \leq 1M^\circ \geq \frac{Mu}{\phi}$

e. Perhitungan penulangan geser

$$-Vu = \frac{Mnt + Mnb}{hn}$$

- Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial

$$Vc = \left(1 + \frac{Nu}{14 Ag}\right) (1/6 + \sqrt{fc'} \times bw \times d) \quad (29)$$

(SNI 03-2847-2002,, pasal 13.3.1.2)

- Untuk daerah lapangan nilai $Vc = 1/2$ tumpuan

$$Vu = \frac{Mnt + Mnb}{hn} + V_{1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL}}$$

- Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser (Vc) harus dihitung menggunakan rumus :

$$Vc = \left(1 + \frac{Nu}{14 Ag}\right) \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right) b_w d \quad (30)$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.3.1.(2))

f. Jarak spasi tulangan pada kolom

- 1) Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang l_0 dari muka hubungan balok-kolom adalah s_0 . Spasi s_0 tersebut tidak boleh melebihi :
 - $8 \times \emptyset$ tulangan longitudinal terkecil,
 - $24 \times \emptyset$ sengkang ikat,
 - $\frac{1}{2}$ dimensi penampang terkecil komponen struktur
 - 300 mm
- 2) Panjang l_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:
 - $\frac{1}{6}$ tinggi bersih kolom,
 - Dimensi terbesar penampang kolom,
 - 500 mm.
- 3) Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 s_0$ dari muka hubungan balok-kolom
- 4) Tulangan hubungan balok-kolom harus memenuhi
- 5) Spasi sengkang ikat pada sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 s_0$.

(SNI 03-2847-2002 pasal 23.10)

2.8 Perhitungan Struktur Bawah

2.8.1 Perencanaan Sloof

1. Tentukan gaya tekan (N_u) yang digunakan , $N_u = 10\%$. P_u kolom
2. Cek syarat gaya aksial
Menurut ketentuan 23.10 (4) , bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $0,1 A_g f_c$
- 2 Menghitung kebutuhan penulangan lentur sloof menggunakan diagram interaksi , sama halnya prinsip pada kolom

- 3 Cek kemampuan kapasitas penampang sloof (M_n) sama dengan perhitungan kapasitas penampang balok
- 4 Untuk penulangan geser pada sloof menggunakan prinsip perhitungan yang sama dengan penulangan geser balok

2.8.2 Perencanaan pondasi

Dalam perencanaan pondasi hal –hal yang harus dihitung antara lain :

- Daya dukung tanah
- Perhitungan jenis pondasi (tiang pancang)

1. Perhitungan Daya Dukung Tanah

$$\bullet Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{NAV \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

- Q_u : Daya dukung ultimate tiang (Ton)
- Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang
- Q_p : Daya dukung ujung tiang
- Q_s : Daya dukung selimut tiang
- N : Nilai SPT pada ujung tiang
- N_{av} : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang
- A_p : Luas permukaan ujung tiang (m^2)
- A_s : Luas selimut tiang (m^2)
- SF : Angka keamanan ($SF=3$)

2. Perencanaan Tiang Pancang

Dalam perencanaan pondasi tiang pancang langkah-langkah yang harus dikerjakan antara lain :

- Perhitungan jarak antar tiang pancang :
 $2,5 D \leq S \leq 3D$
- Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer:
 $1,5 D \leq S_1 \leq 2D$
- Efisiensi (η) = $1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$

- $P_{\text{group tiang}} = (\eta) \times P_{\text{ijin}}$
- Gaya yang dipikul tiang

$$P \text{ satu Tp} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{My \cdot x_{\text{max}}}{\Sigma x^2} \pm \frac{Mx \cdot y_{\text{max}}}{\Sigma y^2}$$
- Kontrol tiang pancang
 - $P_{\text{max}} \leq P_{\text{ijin}}$
 - $P_{\text{min}} \leq P_{\text{ijin}}$
 - $P_{\text{max}} \leq P_{\text{group tiang}}$

3. Perencanaan Pile cap (poer)

Dalam merencanakan pile cap (poer) langkah yang harus dilakukan adalah menentukan :

- Penulangan lentur poer
- Penulangan geser poer
- Kontrol geser poer
- a. Penulangan lentur poer
 - Menentukan ketinggian (h) poer
 - Mencari nilai MU

$$Mu = (P \cdot x) - (1/2 \cdot q \cdot l^2)$$
 - Menghitung Penulangan
 - $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$
 - $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}}$
 - $R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$
 - $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$
(Wang – Salmon)
 - $As = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

b. Penulangan geser poer

Untuk perencanaan poer, nilai V_c harus diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut : (*SNI 03-2874-2002*)

$$- V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o d}{6} \quad (31)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.(a))

$$- V_c = \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o d}{12} \quad (32)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.(b))

$$- V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} b_o d \quad (33)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.(c))

Cek kondisi perencanaan geser

- jika : $\phi \cdot V_c > V_u$ (memenuhi)

- jika tidak memenuhi syarat maka penampang harus diperbesar

c. Kontrol Geser Pons Poer

Tebal poer yang direncanakan harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton > geser pons yang terjadi, dimana V_c diambil dari persamaan :

▪ Geser satu arah pada poer

Langkah-langkah untuk menentukan geser satu arah adalah :

$$- q_t = \frac{P}{A_{poer}}$$

- menentukan luasan tributary akibat geser satu arah

- kontrol 'd' (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah

$$- \sigma_u = \frac{\Sigma P}{A}$$

- $V_u = \sigma_u \times (\text{luas total poer-luas pons})$

- Kontrol perlu tulangan geser :

$$\phi V_c > V_u$$

(tidak perlu tulangan geser)

$$\phi V_c < V_u$$

(perlu tulangan geser, maka dimensi poer diperbesar)

▪ **Geser dua arah pada poer**

Kontrol kemampuan beton :

Untuk pelat dan pondasi telapak non-prategang nilai V_c diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan :

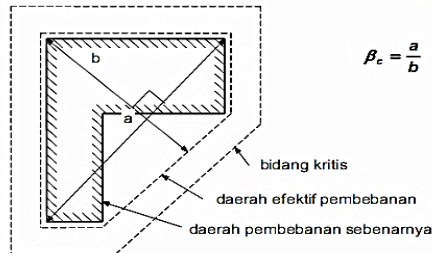
$$- V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o d}{6} \quad (34)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1(a))

Keterangan :

- β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom
- b_o = keliling dari penampang kritis
- $b_o = 4 (0,5d + b \text{ kolom} + 0,5d)$

SNI - 03 - 2847 - 2002



Gambar 2.2 Nilai β_c untuk daerah pembebanan yang bukan persegi

$$- V_c = \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o d}{12} \quad (35)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.(b))

Dengan $a_s = 40$ (untuk kolom dalam), 30 (untuk kolom tepi), dan 20 (untuk kolom sudut) .

$$- V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} b_o d \quad (36)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.(c))

2.8.3 Penyaluran dan penyambungan tulangan

1. Tulangan kondisi Tarik

$$\frac{\lambda d}{ds} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f_c}} \geq 300 \text{mm} \quad (37)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.2)

$$\text{tulangan lebih} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda d \quad (38)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.5)

2. Tulangan kondisi tekan

$$\lambda d = \frac{db \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c}} \geq 0,04 \times db \times f_y \quad (39)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.3.2)

$$\text{tulangan lebih} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda d \quad (40)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.5)

3. Tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$\lambda d = \frac{100 \text{ db}}{\sqrt{f_c}} \text{ (untuk batang dengan } f_y = 400 \text{ Mpa)} \quad (41)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.3.2)

**Tabel 2.8 Panjang penyaluran batang ulir
dan kawat ulir**

	Batang D-29 atau lebih kecil dari kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari db1 selimut beton bersih tidak kurang dari db1 dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang sepanjang ld tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan. atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari 2db dan selimut beton bersih tidak kurang dari db.	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{12 f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$
kasus-kasus lain	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{18 f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 f_y \alpha \beta \lambda}{10 \sqrt{f_c'}}$

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB III

METODOLOGI

Langkah – langkah yang dipakai dalam perencananan gedung ini adalah :

3.1 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan antara lain :

- a. Gambar arsitektural dan struktural. (*terlampir*)
digunakan untuk menentukan dimensi komponen-komponen struktur gedung tersebut.
- b. Data bangunan.
Meliputi; luas bangunan, lokasi bangunan,tinggi bangunan, zona gempa, dll.
- c. Data tanah (*terlampir*)
Data tanah meliputi hasil uji sondir dan boring. Data tanah diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah Diploma Teknik Sipil FTSP ITS
 - Digunakan untuk : perencanaan struktur pondasi dan tiang pancang.
- d. Peraturan – peraturan
 - Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung (***SNI-03-2874-2002***)
 - Standart perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (***SNI 03-1726-2002***) dan (***SNI 03-1726-2003***) .
 - Perarutarn pembebanan indonesia untuk bangunan gedung (***PPIUG 1983***)
 - Peraturan beton bertulang indoesia (***PBBI 1971***)
 - Tabel grafik dan diagram interaksi untuk perhitungan struktur beton berdasarkan ***SNI 1992***

- e. Buku acuan referensi
 - Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Berdasarkan *SNI 03-2874-2002* (*ISWANDI IMRAN dan FAJAR HENDRIK*)
 - Dasar-dasar perencanaan beton bertulang (*Ir.W.C.VIS dan Ir.GIDEON H.KUSUMA M.Eng*).
 - Desain Beton Bertulang 2 (*Wang, C.K -Salmon*)
 - Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa (*Terzagi , Karl dan Ralph B.Peck*)

3.2 Perencanaan dimensi struktur (*Preliminary Design*)

Perencanaan dimensi struktur meliputi :

1. Struktur Primer : Balok dan kolom
2. Struktur Sekunder : Pela tangga dan tangga
3. Struktur Atap
4. Struktur Pondasi

3.3 Perhitungan Pembebanan

Aturan yang dipakai dalam perhitungan pembebanan adalah berdasarkan *PPIUG 1983*. Beban – beban yang perlu dihitung adalah :

a. Beban pada Pelat Atap

1. Beban mati
 - Terdiri dari beban aspal
2. Beban hidup
 - Ditentukan PPIUG 1983

b. Beban pada Pelat Lantai

1. Beban mati
 - Berat sendiri
 - Instalasi listrik, ducting AC, spesi, ubin
2. Beban hidup
 - Beban hidup untuk lantai klinik (rumah sakit).

c. Beban pada Tangga

1. Beban mati

- Berat sendiri
 - Spesi dan ubin
 - Berat railing tangga
2. Beban hidup
- Beban hidup untuk tangga rumah sakit.

d. Beban Gempa

Analisa pembebanan gempa sesuai **SNI 03-1726-2002**. Pada proyek akhir ini menggunakan analisa beban gempa respon spektrum

3.4 Analisis Gaya Dalam

Untuk menghitung gaya dalam dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- secara manual
- analisis menggunakan program bantu SAP 2000 versi.14.
- Kemudian dari kedua hasil analisis tersebut dibandingkan, jika terdapat perbedaan yang ekstrim berarti ada kesalahan dalam proses perhitungan.

Kombinasi pembebanan yang dipakai dalam analisis gaya dalam adalah

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + 1,0 LL \pm Spec_1
4. 1,2 DL + 1,0 LL \pm Spec_2
5. 0,9 DL \pm Spec_1
6. 0,9 DL \pm Spec_2

Pada pembebanan Spec diuraikan menjadi :

1. Spec_1 = 100% X + 30% Y
2. Spec_2 = 30% X + 100% Y
- 3.

3.5 Penulangan Struktur

Langkah selanjutnya adalah penulangan elemen struktur tersebut sesuai dengan peraturan – peraturan yang dipakai. Elemen struktur tersebut antara lain :

1. Pelat atap dan lantai
2. Balok induk dan anak
3. Kolom
4. Poer

3.6 Penggambaran

- a. Gambar Arsitek
 - Gambar denah
 - Gambar tampak
- b. Gambar Struktur
 - Gambar potongan memanjang
 - Gambar potongan melintang
 - Gambar denah pelat
 - Gambar denah pembalokan
 - Gambar denah kolom
 - Gambar denah pondasi
 - Gambar Penulangan pelat
 - Gambar penulangan tangga
 - Gambar penulangan balok
 - Gambar penulangan kolom
 - Gambar penulangan sloof
 - Gambar portal memanjang dan melintang
- c. Gambar Detail
 - Gambar detail panjang penyaluran
 - Gambar detail pondasi dan poer

3.7 Data Perencanaan

3.7.1 Data Bangunan

Gedung ini terdiri dari struktur bangunan atas dan bangunan bawah. Struktur bangunan atas menggunakan konstruksi beton bertulang, sedangkan struktur bangunan bawah menggunakan pondasi tiang pancang. Gedung ini mempunyai data proyek sebagai berikut :

▪ **Struktur Atas**

Nama Bangunan : Gedung Klinik Graha RA
Surabaya

Lokasi : Jl.Pakuwon City L4/1

Tinggi Bangunan : 15,5 m

Luas Bangunan : 5612 m² 4.

Zona gempa : 2

▪ **Struktur Bawah**

- Menggunakan pondasi tiang pancang beton

3.7.2 Data tanah

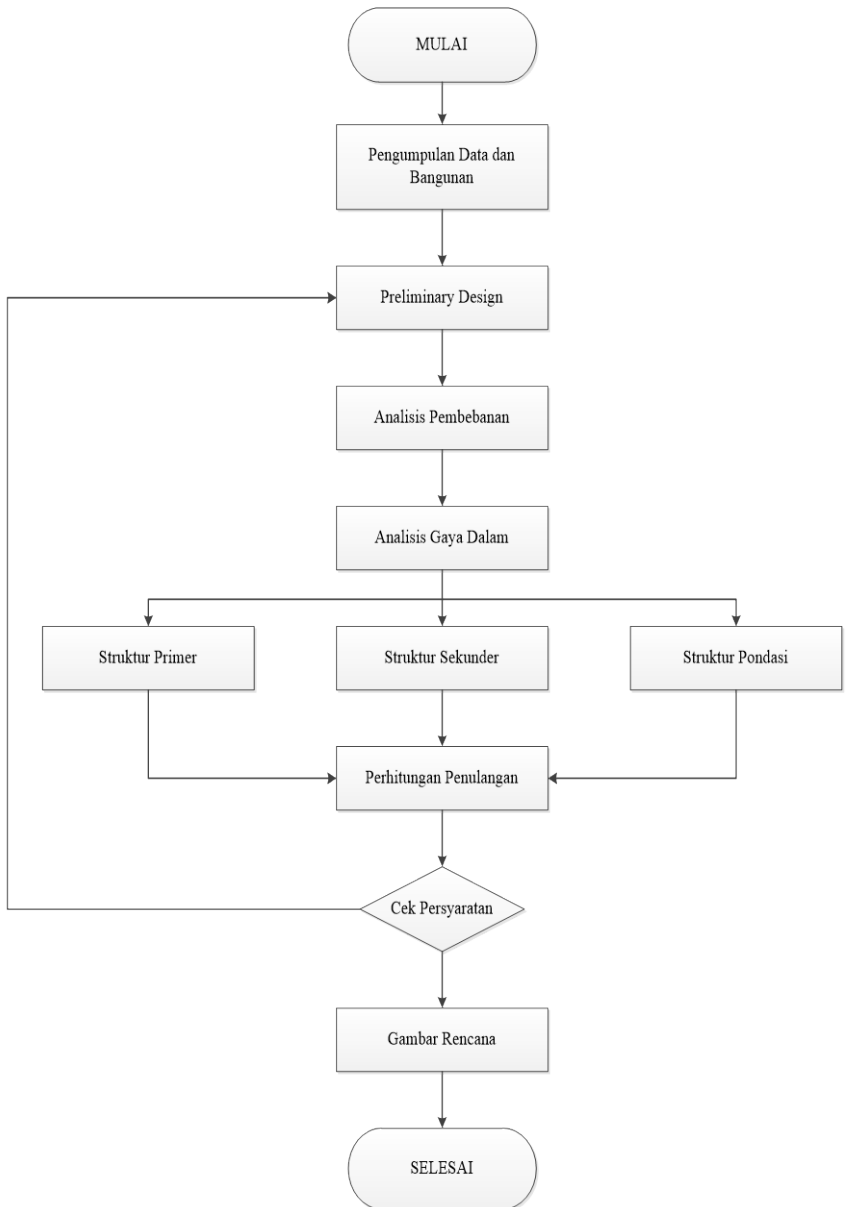
Menggunakan data tanah dari hasil tes SPT (*Standart Penetration Test*)

3.7.3 Data Bahan

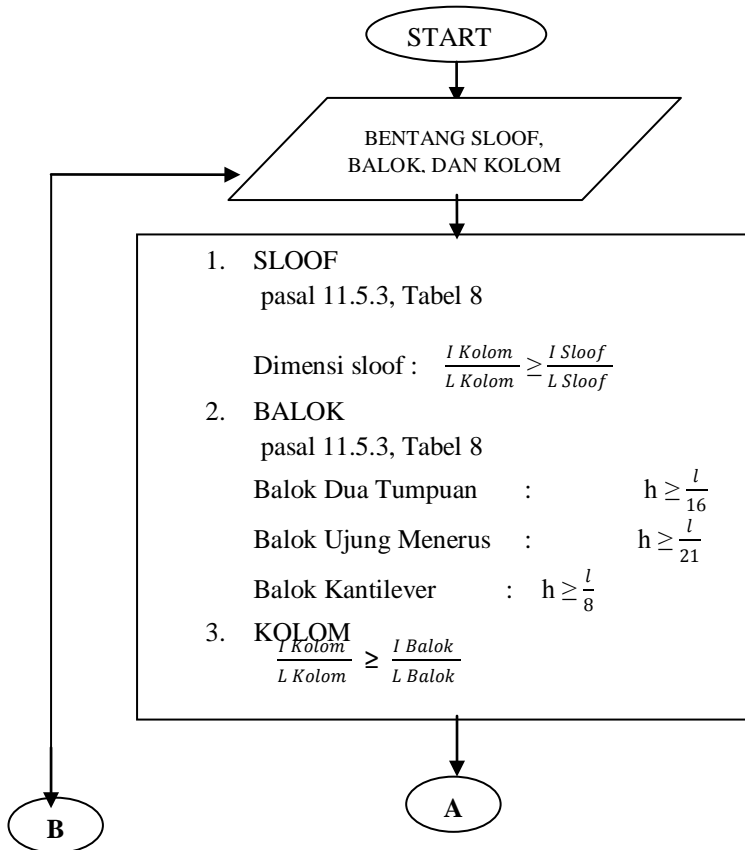
- Mutu beton ($f'c$) : 25 Mpa
- Mutu tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja (f_{ys}) : 240 Mpa

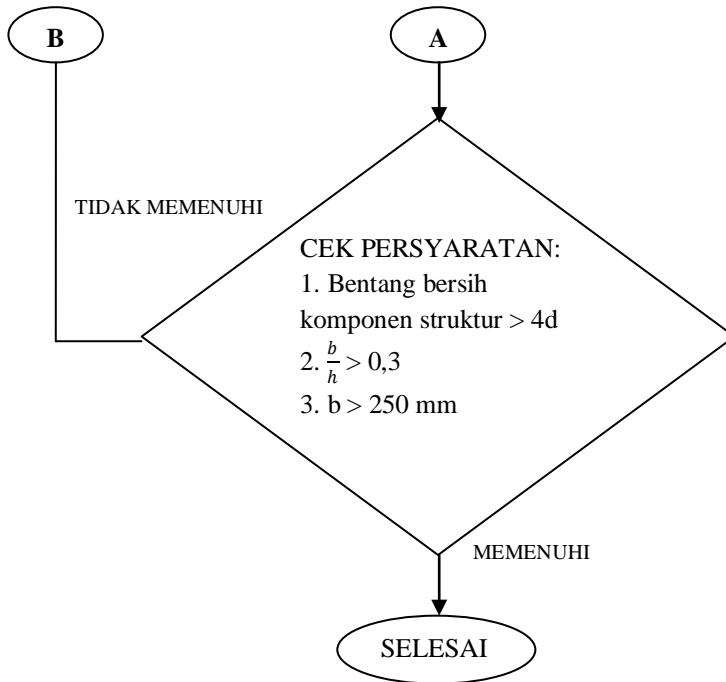
3.8 FLOW CHART

FLOW CHART METODOLOGI

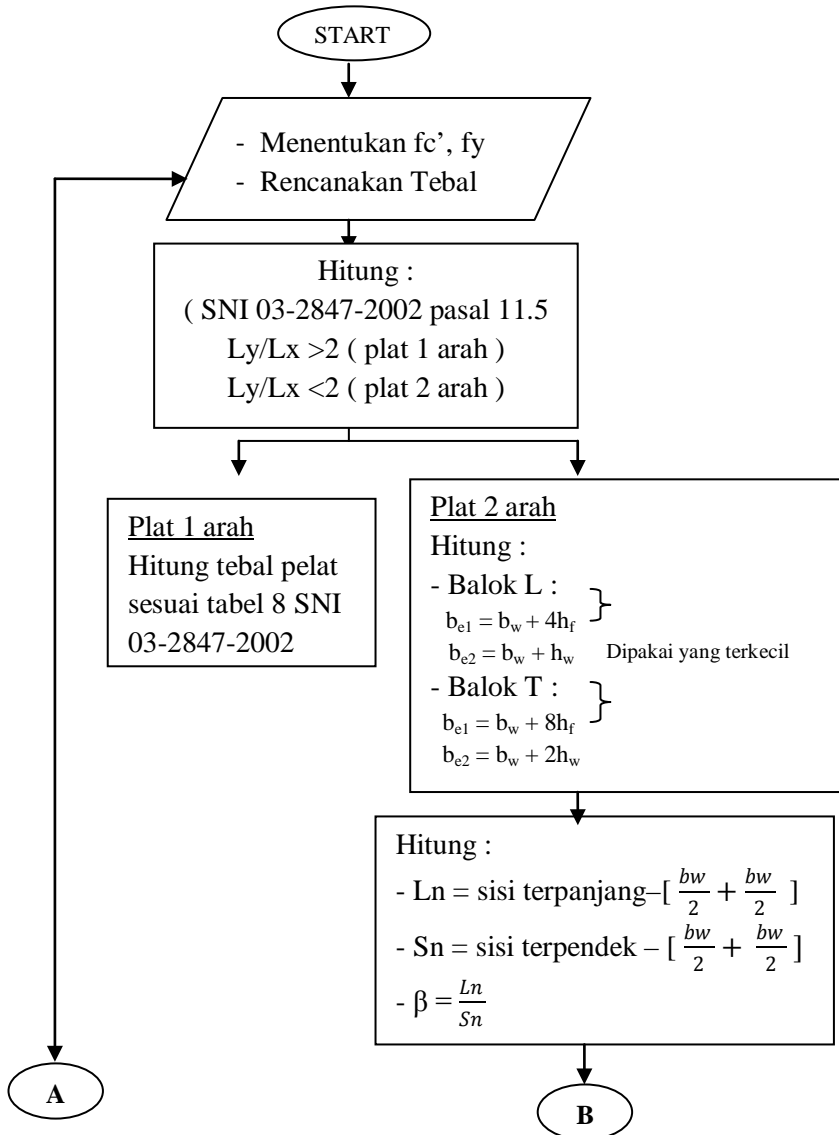


PRELIMINARY DESIGN SLOOF, BALOK, DAN KOLOM





PRELIMINARY DESIGN PELAT



A

B

Hitung :

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_s = k \times b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_s}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \sum \alpha_n}{n}$$

Menentukan ketebalan pelat :

a. $\alpha_m \leq 2,0$, harus memenuhi SNI 03-2847-2002 tabel 10

Pelat tanpa penebalan > 120mm

Pelat dengan penebalan > 100mm

b. $0,2 \leq \alpha_m \leq 0,2$

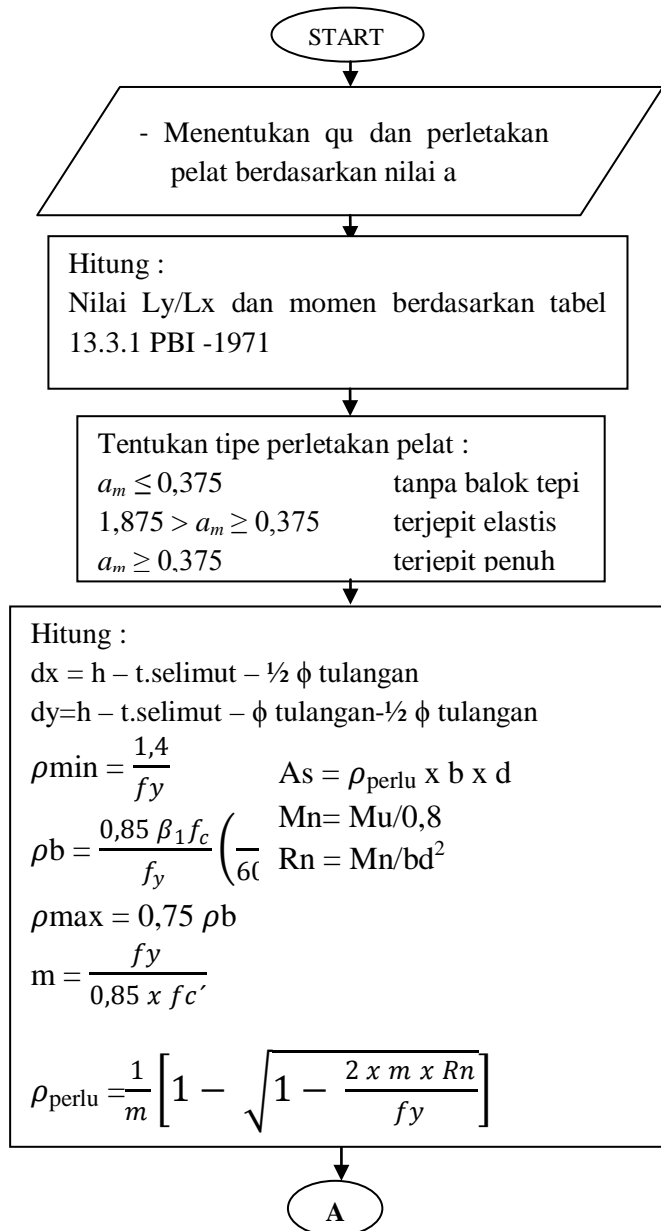
$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)} \geq 120 \text{ mm}$$

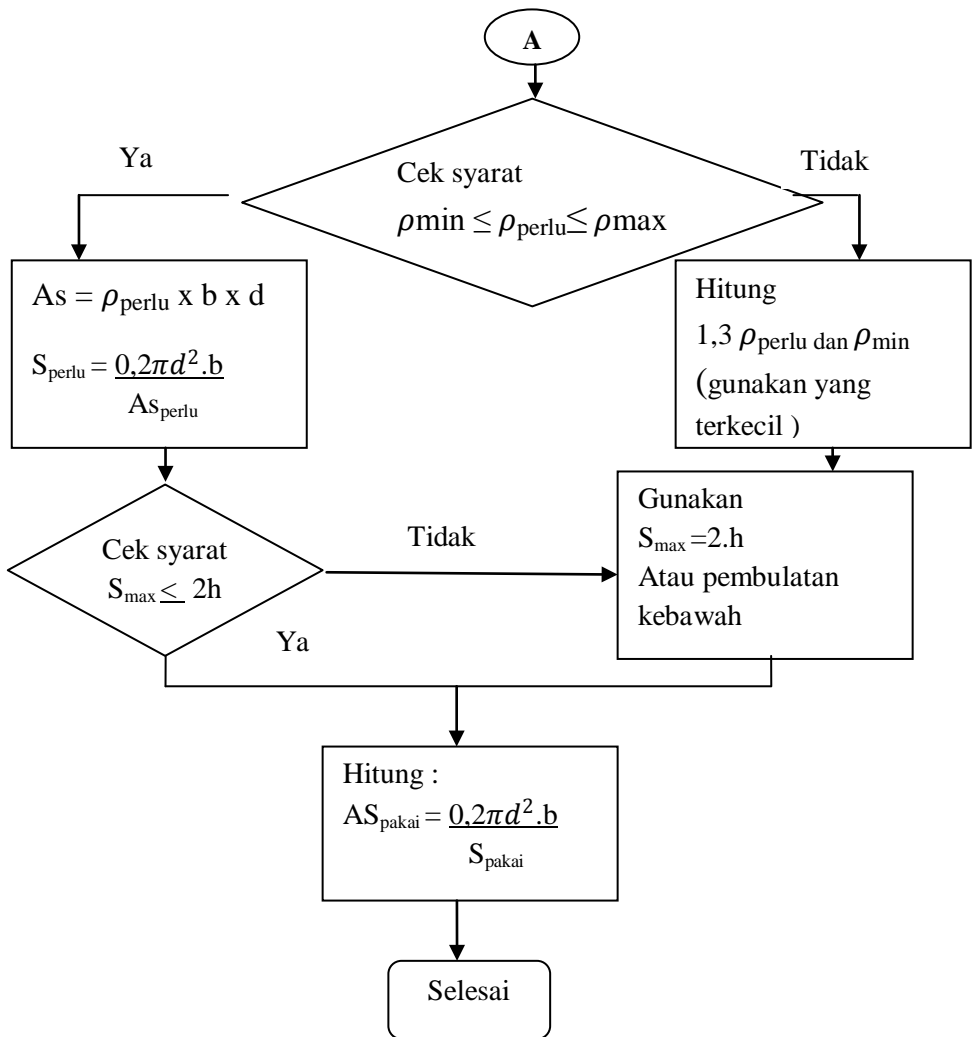
c. $\alpha_m \geq 2,0$, maka

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \text{ dan tidak kurang dari 90 mm}$$

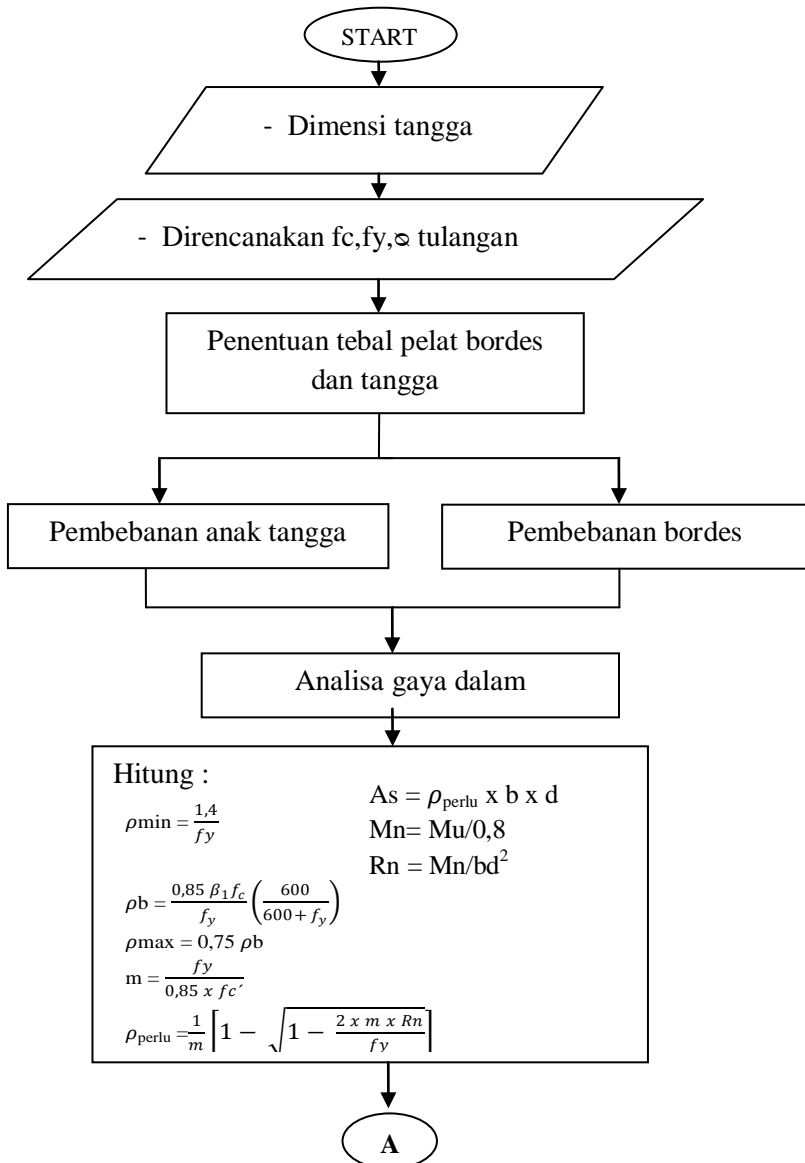
Selesai

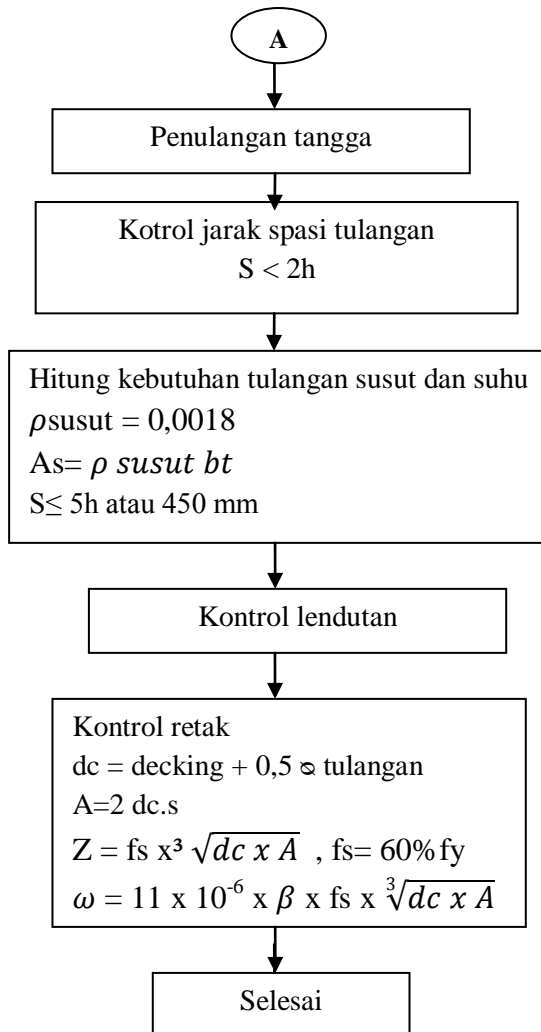
STRUKTUR SEKUNDER PENULANGAN PELAT

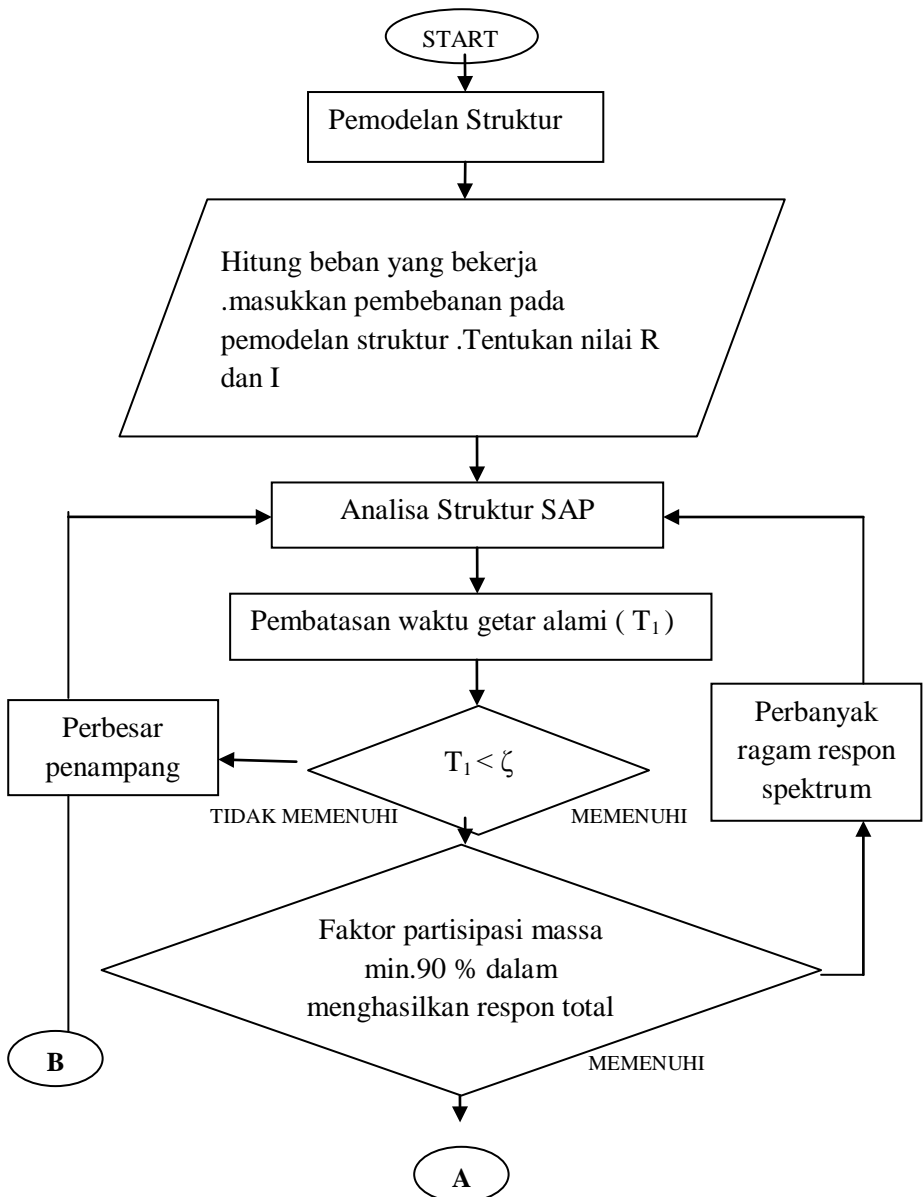


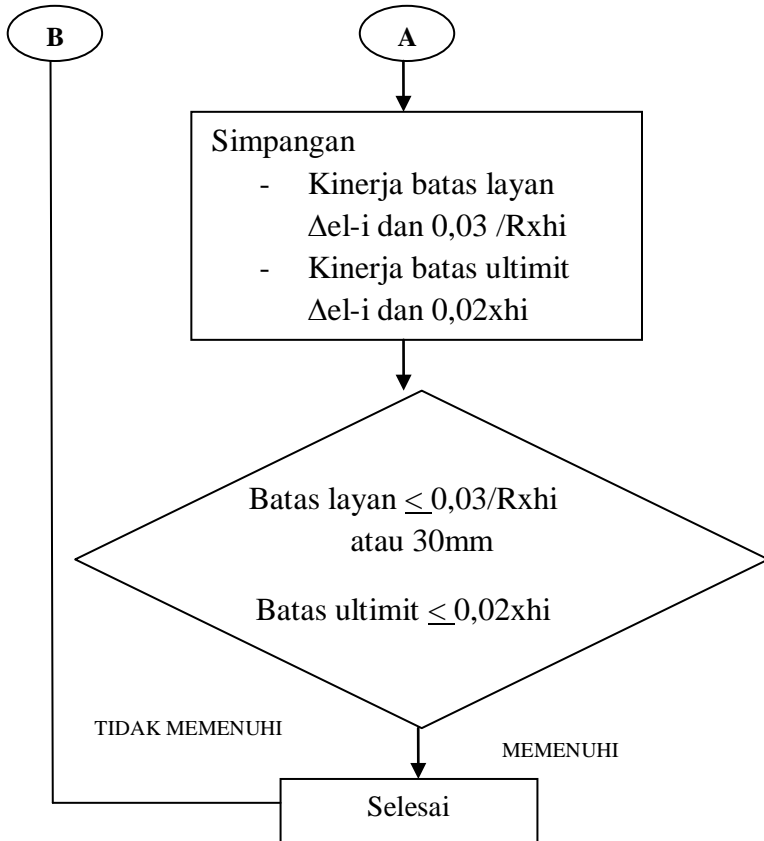


STRUKTUR TANGGA



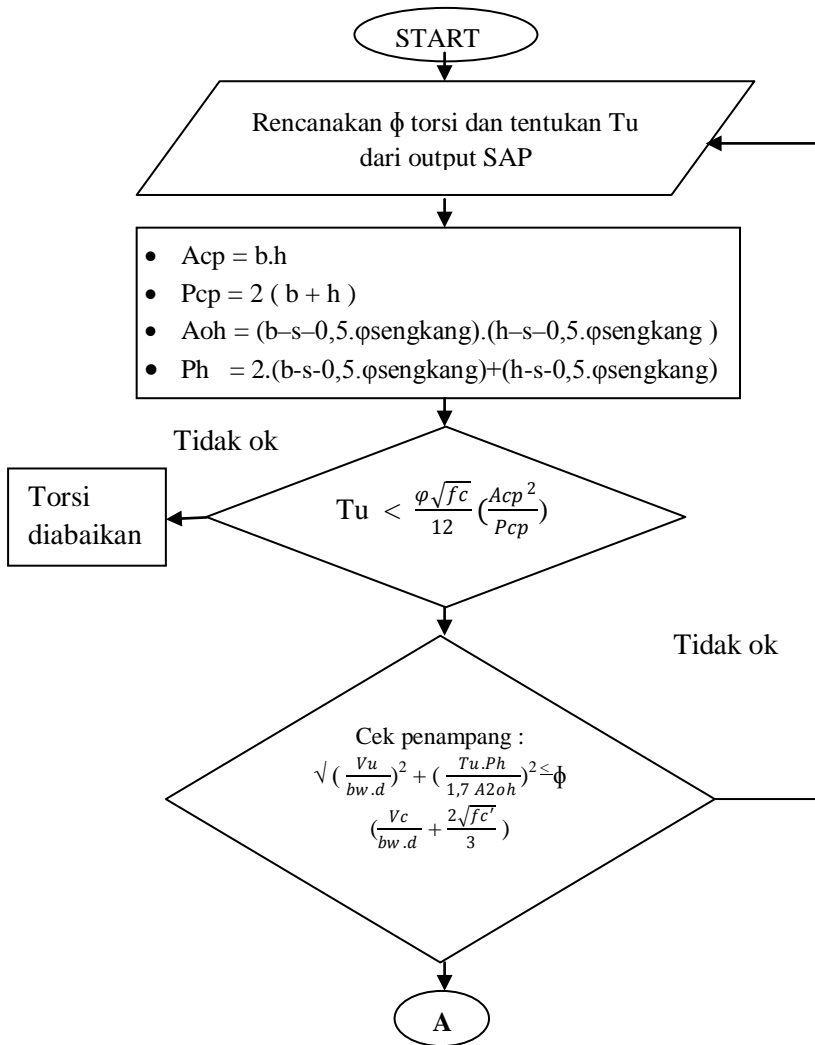


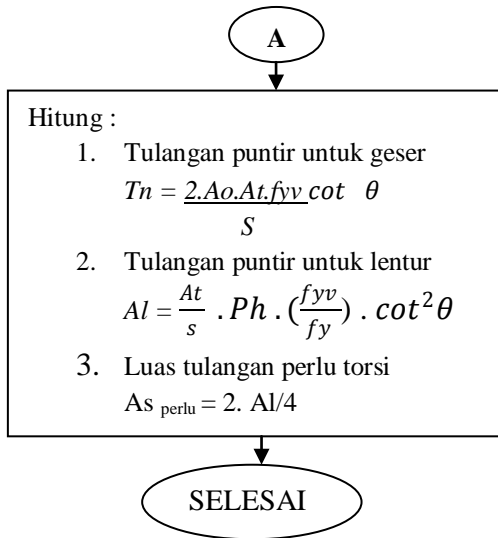
GEMPA



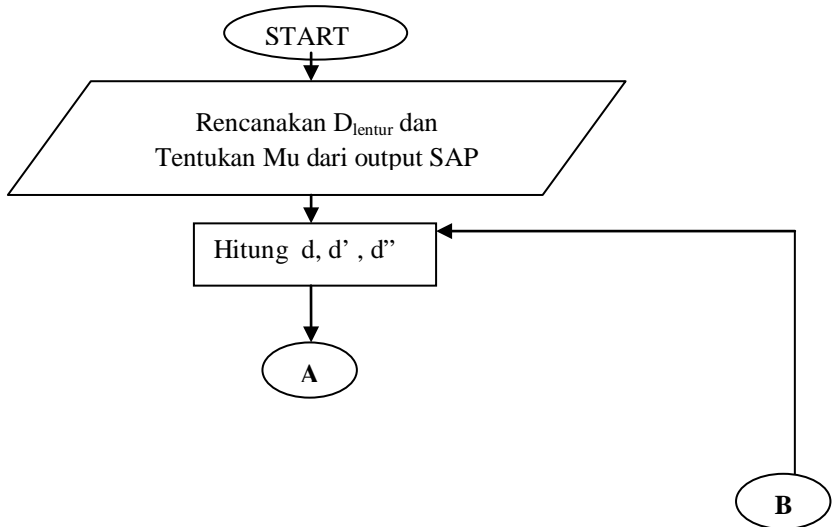
PERHITUNGAN BALOK

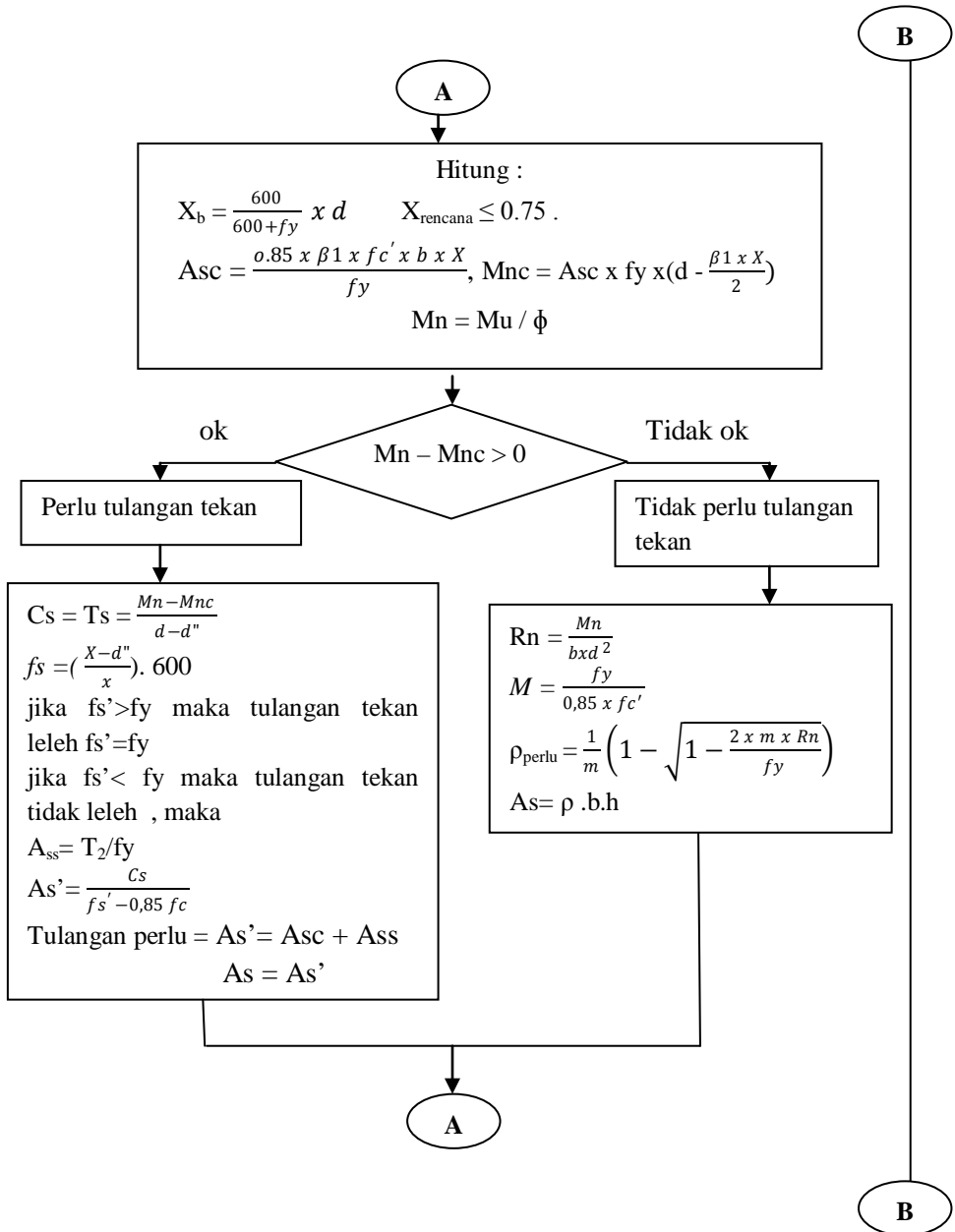
Skema perhitungan penulangan torsi

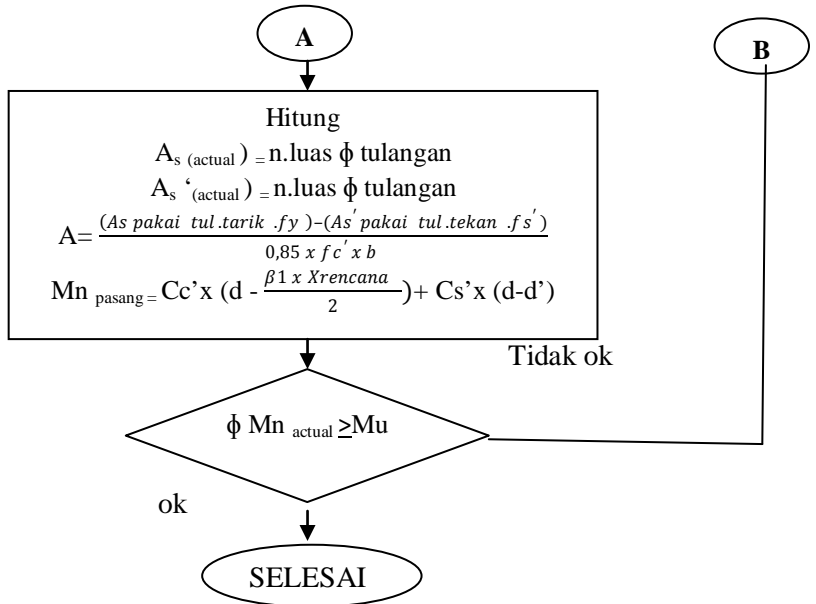




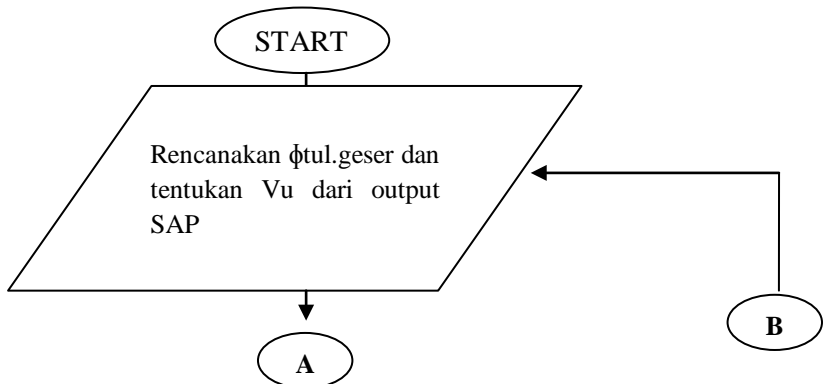
Skema perhitungan penulangan lentur

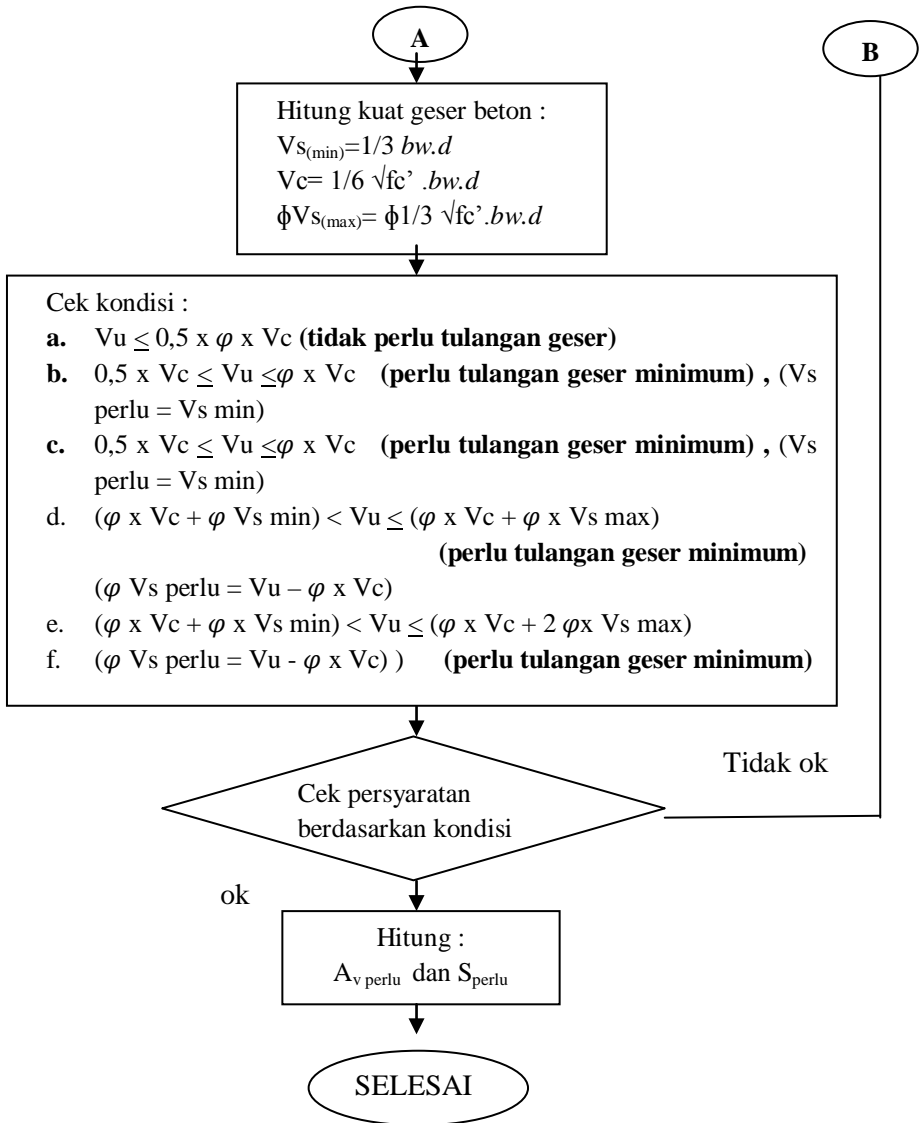






Skema penulangan geser





KOLOM

START

Rencanakan f_c' , f_y , ϕ tulangan, b , h , P_u , Momen –
momen yang bekerja

$$\beta_d = \frac{\text{momen beban tetap terfaktor}}{\text{momen beban total terfaktor}}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

$$EI = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\Psi = \frac{\sum (EI\lambda)_{\text{kolom}}}{\sum (EI/\lambda)_{\text{balok}}}$$

Tentukan : $r = 0,3 \times h$ untuk kolom segi empat

Kontrol kelangsingan kolom :

$$\frac{k \times \lambda u}{r} \leq 34 - 12 \left[\frac{M1}{M2} \right]$$

Syarat : $\frac{k \times \lambda u}{r} \leq 22$

Perbesaran
momen

Kelangsingan
diabaikan

$$P_c = \frac{EI \cdot \pi^2}{(k \cdot \lambda u)^2}$$

$$C_m = 1$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{M_s}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1$$

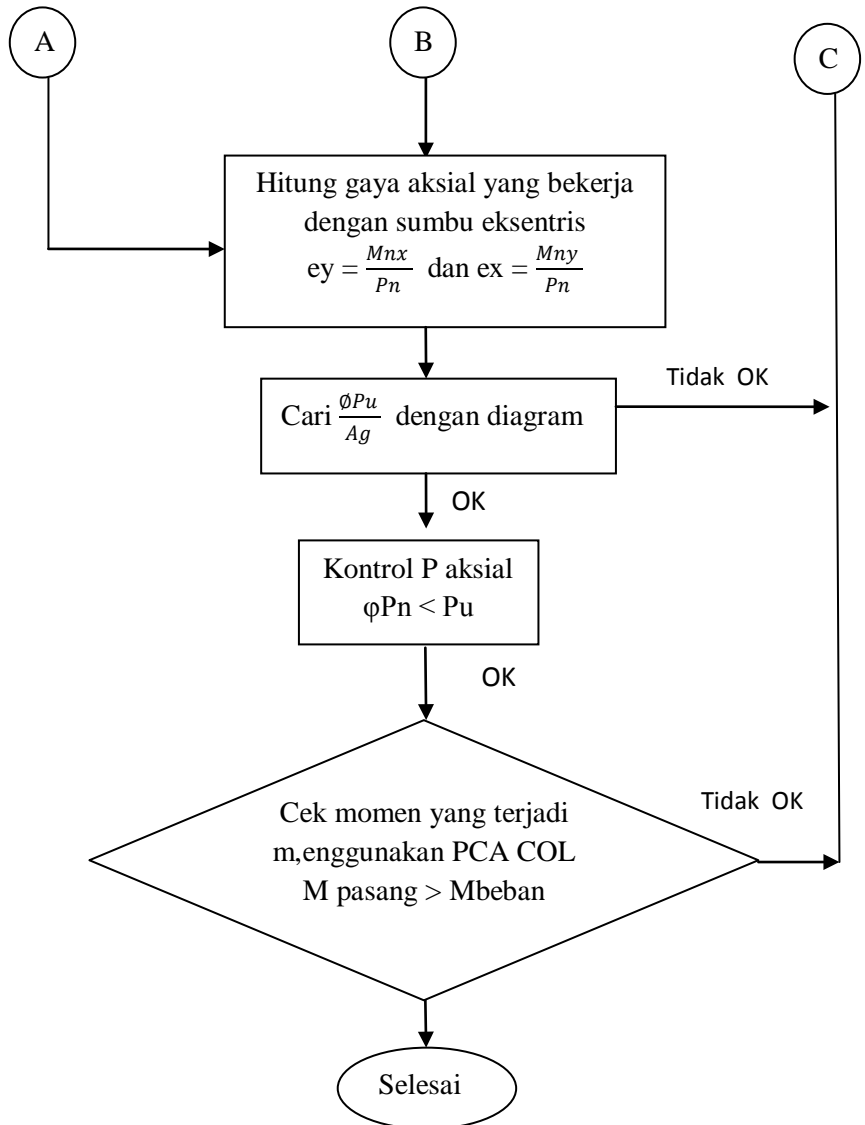
$$M1 = M1_{ns} + \delta_s M1_s$$

$$M2 = M2_{ns} + \delta_s M2_s$$

A

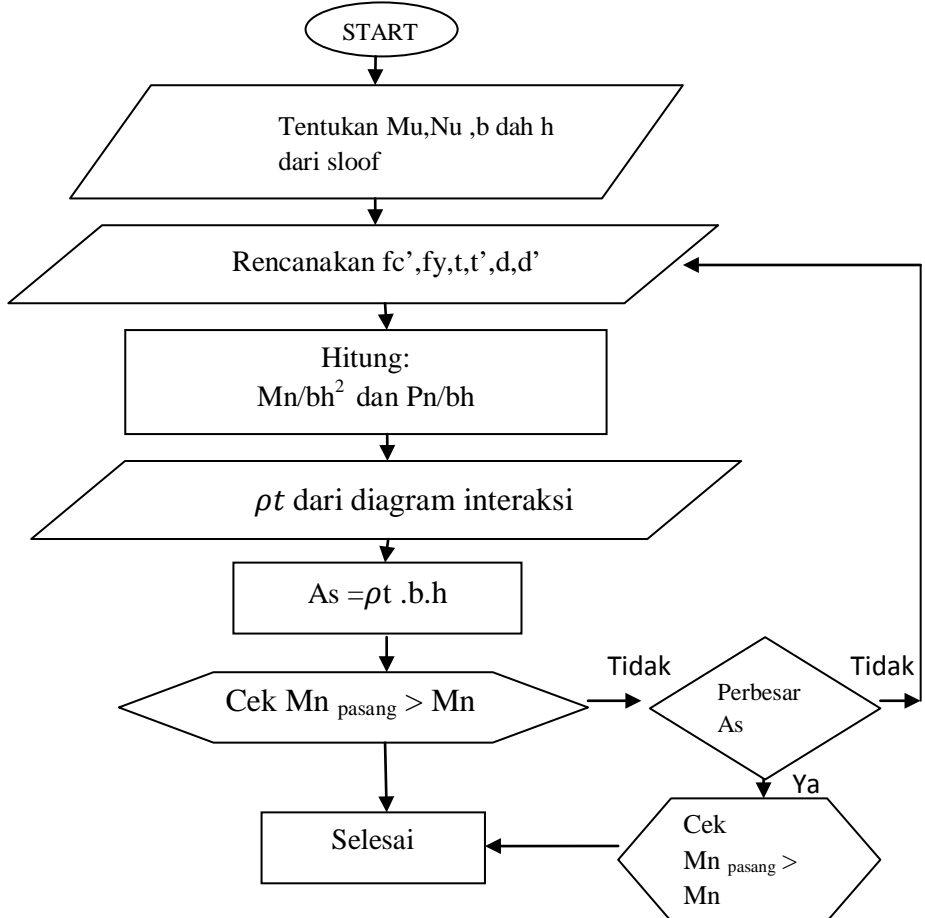
B

C

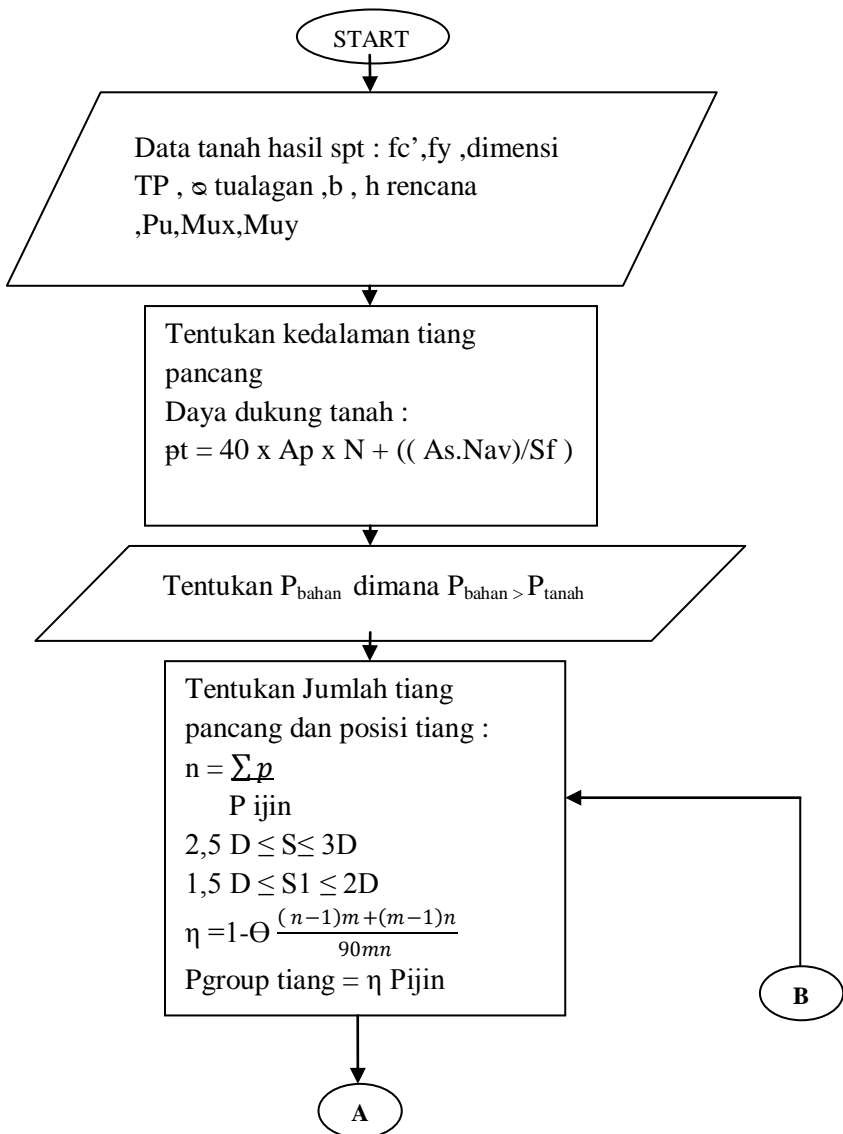


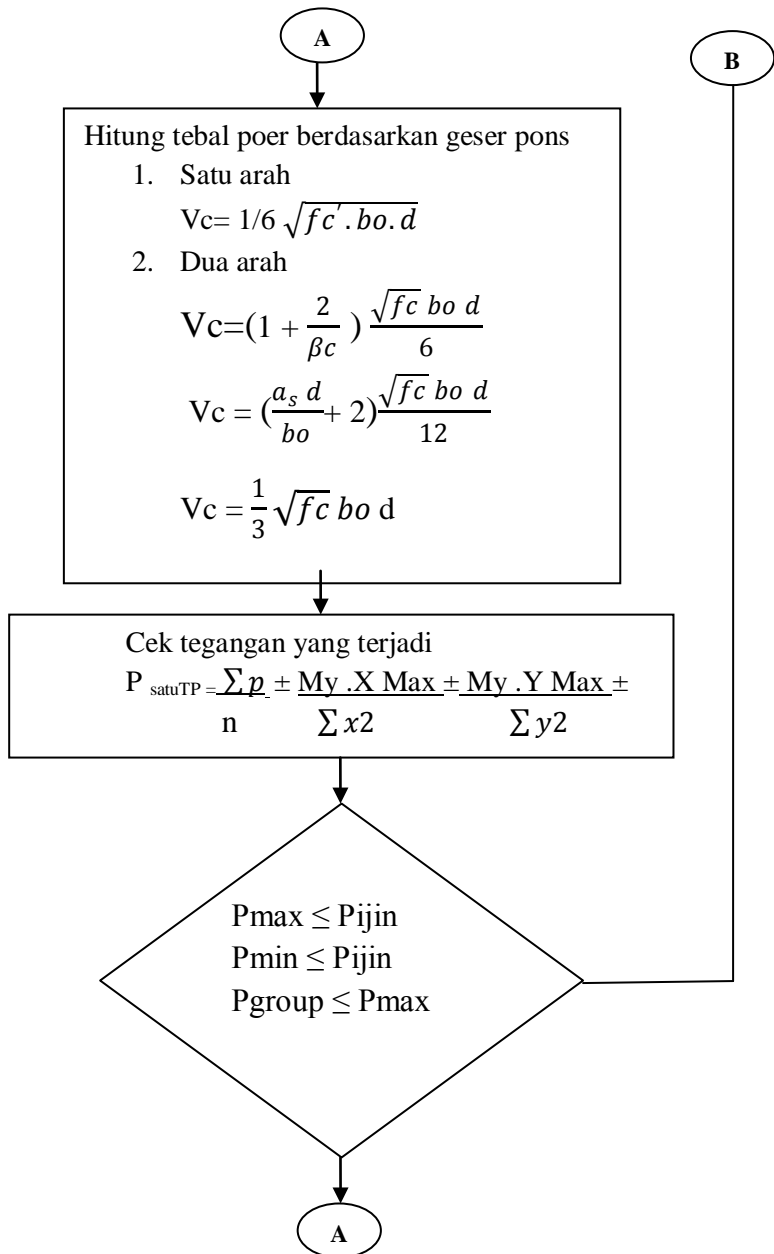
PERENCANAAN PONDASI

Skema penulangan lentur



Perencanaan tiang pancang dan poer





A

Hitung :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$M_n = M_u / 0,8$$

$$R_n = M_n / b d^2$$

As pasang \geq As
perlu

Gambar rencana

Selesai

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 1V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

4.1.1 Perencanaan Dimensi balok

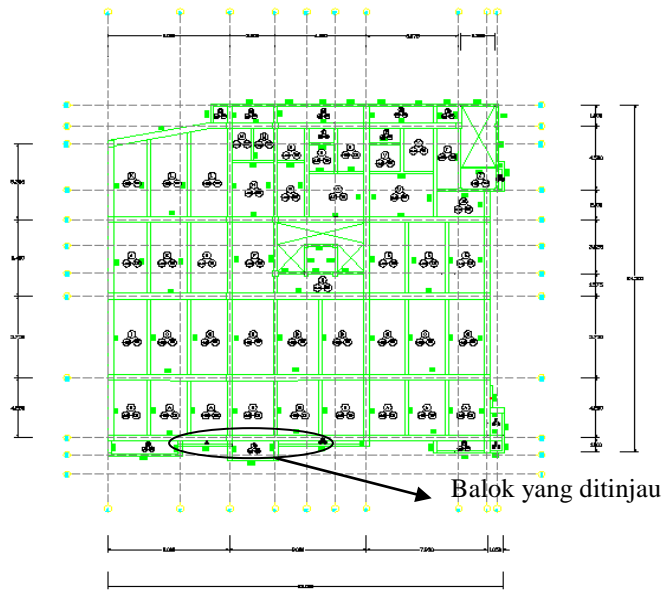


➤ Balok induk (B1-1)

a. Data teknis perencanaan :

- | | |
|--|-------------|
| - Tipe balok | : B1-1 |
| - As Balok | : 6 (E-I) |
| - Bentang Balok | : 900 cm |
| - Kuat tekan beton (F_c') | : 25 Mpa |
| - Kuat leleh tulangan lentur (F_y) | : 400 Mpa |
| - Kuat leleh tulangan geser (F_y) | : 400 Mpa |

b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.1 Denah Balok induk B1-1 yang ditinjau

c. Ketentuan perencanaan

- Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3, Tabel 8*

Tumpuan : $h \geq \frac{l}{16}$, digunakan $h = \frac{l}{12}$

- Secara umum ukuran balok cukup diperkirakan dengan $h = \frac{l}{10}$ sampai $h = \frac{l}{15}$, jadi bisa digunakan $h = \frac{l}{12}$

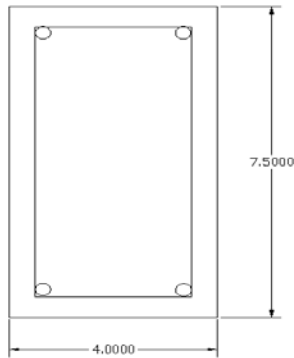
“*Dasar-dasar perencanaan beton bertulang (Ir.W.C.VIS dan Ir.GIDEON H.KUSUMA M.Eng) halaman 104.*”

d. Perhitungan perencanaan

- $h = \frac{l}{12} = \frac{900 \text{ cm}}{12} = 75 \text{ cm}$
- $b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 75 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$

Dimensi Balok induk B1-1 = 40 /75

e. Hasil akhir gambar perencanaan



Gambar 4.2 Hasil penampang balok B1-1

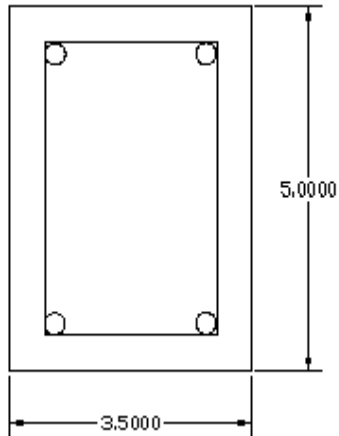
➤ **Balok induk (B1-2)**

➤ Data teknis perencanaan :

- | | |
|--|--------------|
| - Tipe balok | : B1-2 |
| - As Balok | : E (9-10) |
| - Bentang Balok | : 575 cm |
| - Kuat tekan beton (F_c') | : 25 Mpa |
| - Kuat leleh tulangan lentur (F_y) | : 400 Mpa |
| - Kuat leleh tulangan geser (F_y) | : 400 Mpa |

➤ Gambar denah perencanaan

➤ Hasil akhir gambar perencanaan



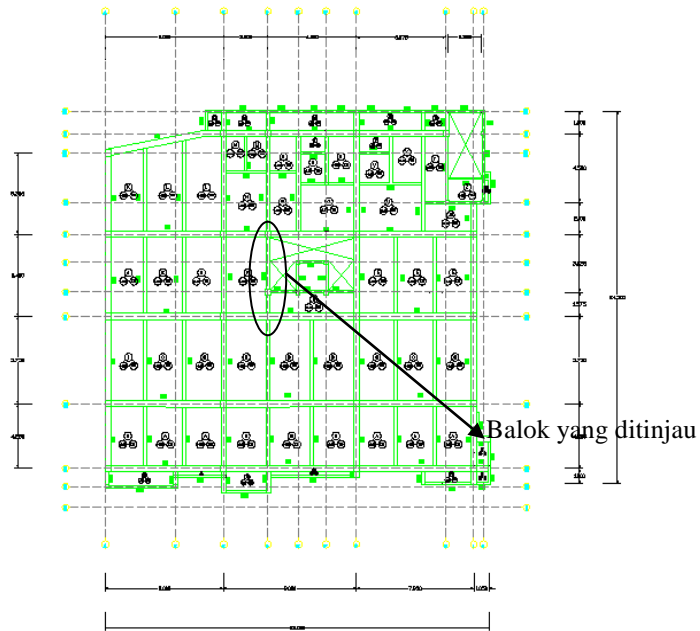
Gambar 4.4 Hasil penampang balok B1-2

➤ **Balok Anak (BA-1)**

a. Data teknis perencanaan :

- | | |
|--|--------------|
| - Tipe balok | : BA-1 |
| - As Balok | : F (9-10) |
| - Bentang Balok | : 575 cm |
| - Kuat tekan beton (F_c') | : 25 Mpa |
| - Kuat leleh tulangan lentur (F_y) | : 400 Mpa |
| - Kuat leleh tulangan geser (F_y) | : 400 Mpa |

b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.5 Denah balok anak BA-1 yang ditinjau

c. Ketentuan perencanaan

- Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3, Tabel 8*

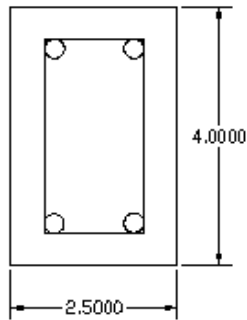
Balok Dua Tumpuan nilai minimum tinggi (h) = $\frac{l}{16}$

d. Perhitungan perencanaan

- $h = \frac{l}{16} = \frac{575 \text{ cm}}{16} = 35,9 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$
- $b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 35,9 \text{ cm} = 23,9 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$

Dimensi Balok anak BA-1 = 25/40

e. Hasil akhir gambar perencanaan



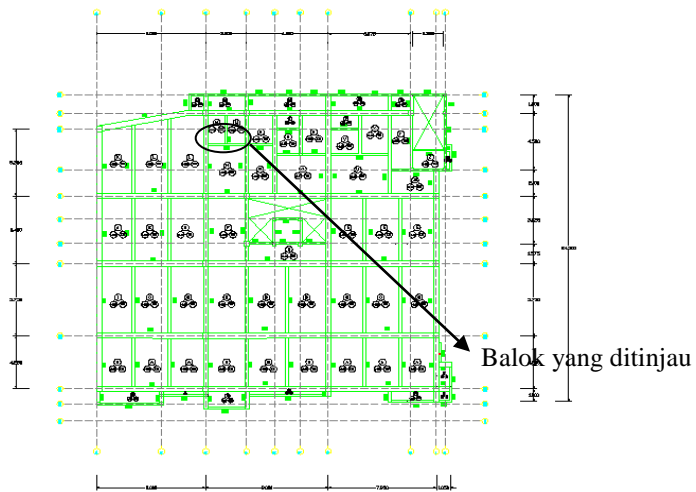
Gambar 4.6 Hasil penampang balok BA-1

➤ **Balok Anak (BA-2)**

a. Data teknis perencanaan :

- Tipe balok : BA-2
- As Balok : 17 (E - F)
- Bentang Balok : 300 cm
- Kuat tekan beton (F_c') : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (F_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (F_y) : 400 Mpa

b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.7 Denah balok anak BA-2 yang ditinjau

c. Ketentuan perencanaan

- Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3, Tabel 8*

Balok Dua Tumpuan nilai minimum tinggi (h) = $\frac{l}{16}$

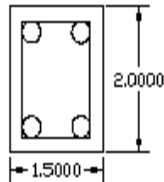
d. Perhitungan perencanaan

$$\bullet h = \frac{l}{16} = \frac{300 \text{ cm}}{16} = 18,75 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

$$\bullet b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 18,75 \text{ cm} = 12,5 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

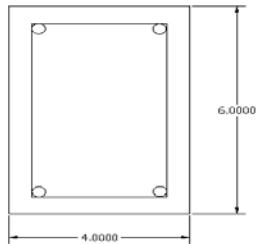
Dimensi Balok anak BA-2 = 15/20

e. Hasil akhir gambar perencanaan



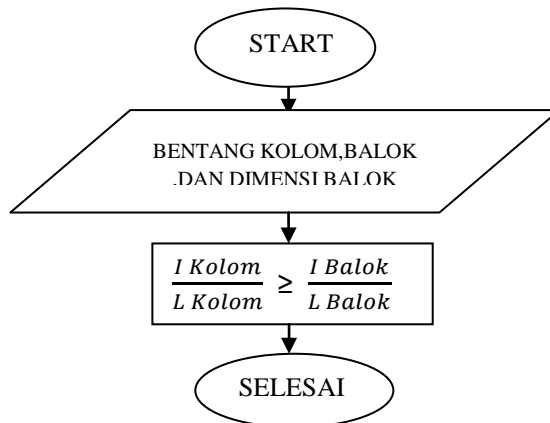
Gambar 4.8 Hasil penampang balok BA-2

e. Hasil akhir gambar perencanaan



Gambar 4.10 Hasil penampang balok BL

4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom



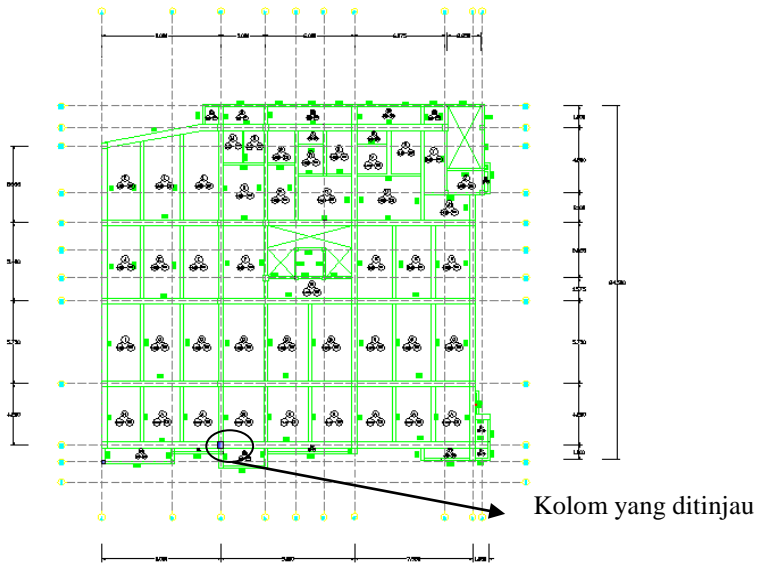
Dalam perencanaan ini dipakai kolom persegi sebagai berikut :

➤ **Kolom 1 (K1)**

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe Kolom : K1
- Tinggi Kolom H_{kolom} : 455 cm
- Bentang Balok L_{balok} : 900 cm
- Dimensi Balok b_{balok} : 40 cm
- Dimensi Balok h_{balok} : 75 cm

b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.11 Denah kolom (K1) yang ditinjau

c. Ketentuan perencanaan

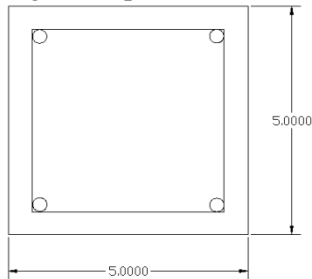
$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

d. Perhitungan perencanaan

$$\begin{aligned} \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{kolom}} &\geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}} \\ \frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H_{kolom}} &\geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}} \\ \frac{\frac{1}{12} \times h^4}{455} &\geq \frac{\frac{1}{12} \times 40 \times 75^3}{900} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\frac{1}{12} \times h^4}{455} &\geq 1562,5 \\ h^4 &\geq 1562,5 \times 455 \times 12 \\ h^4 &\geq 8531250 \\ h &\geq 54,045 \text{ cm} \\ h &\approx 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

- direncanakan dimensi Kolom dengan ukuran 50/50
- e. Hasil akhir gambar perencanaan

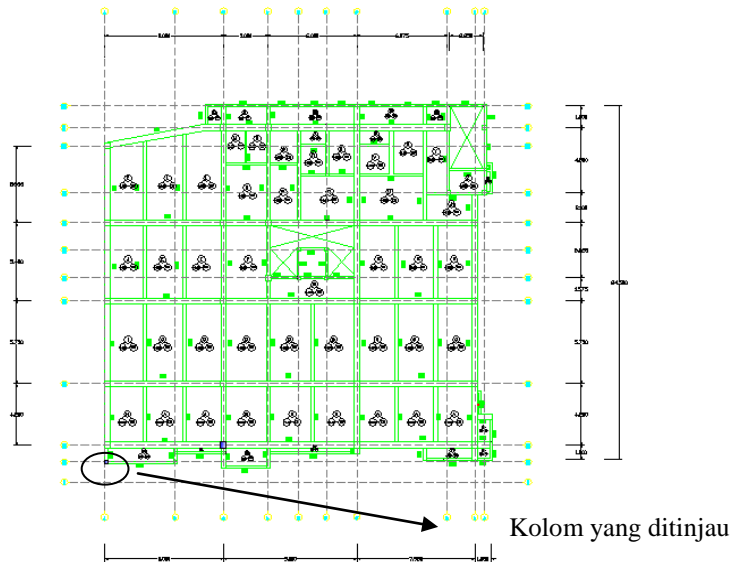


Gambar 4.12 Hasil penampang Kolom (K-1)

➤ **Kolom 2 (K2)**

- a. Data-data Perencanaan :
- Tipe Kolom : K2
 - Tinggi Kolom H_{kolom} : 455 cm
 - Bentang Balok L_{balok} : 477,5 cm
 - Dimensi Balok b_{balok} : 15 cm
 - Dimensi Balok h_{balok} : 20 cm

b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.13 Denah kolom (K2) yang ditinjau

c. Ketentuan perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

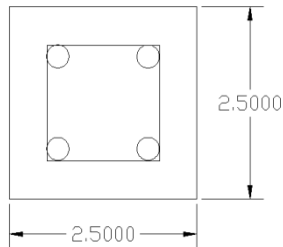
d. Perhitungan perencanaan

$$\begin{array}{rcl} \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H \text{ kolom}} & \geq & \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L \text{ balok}} \\ \frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H \text{ kolom}} & \geq & \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L \text{ balok}} \\ \frac{\frac{1}{12} \times h^4}{455} & \geq & \frac{\frac{1}{12} \times 15 \times 20^3}{300} \\ \frac{\frac{1}{12} \times h^4}{455} & \geq & 33,333 \\ h^4 & \geq & 33,333 \times 455 \times 12 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 h^4 &\geq 181998,18 \\
 h &\geq 20,654 \text{ cm} \\
 h &\approx 25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- direncanakan dimensi Kolom dengan ukuran 25/25

e. Hasil akhir gambar perencanaan

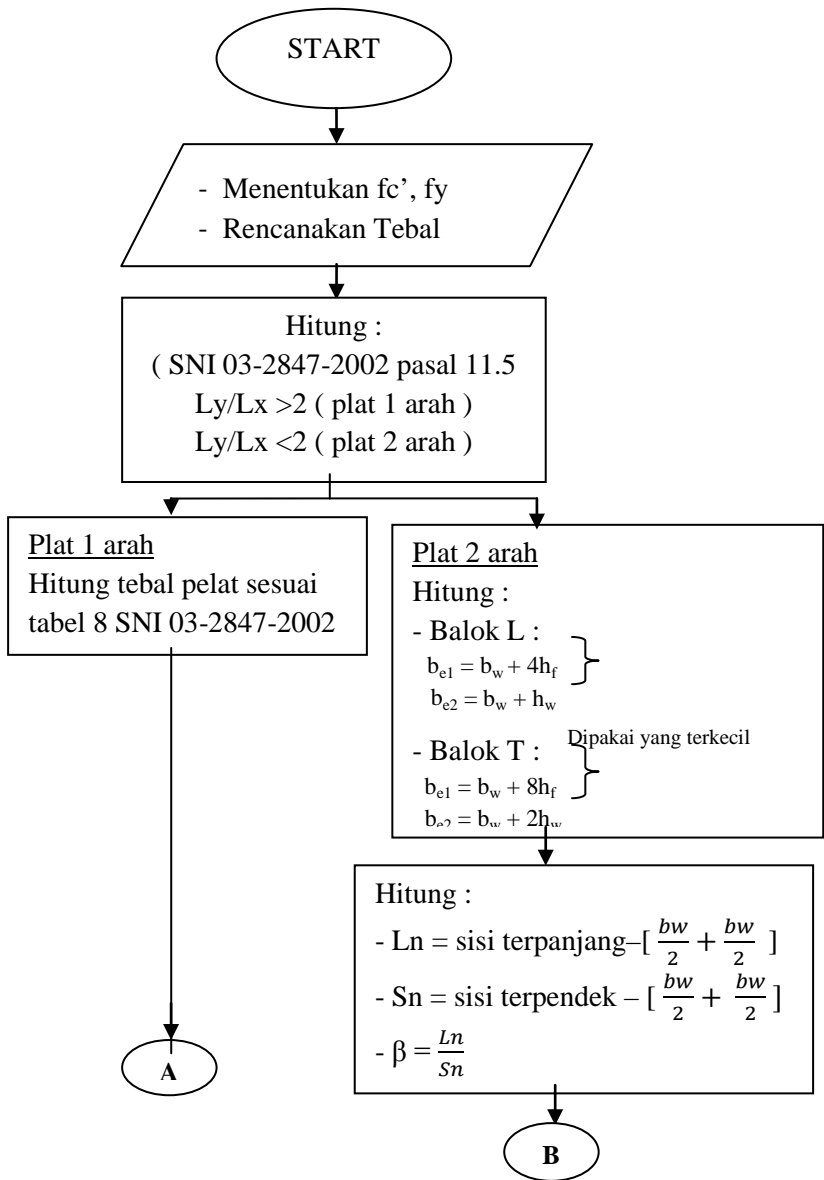


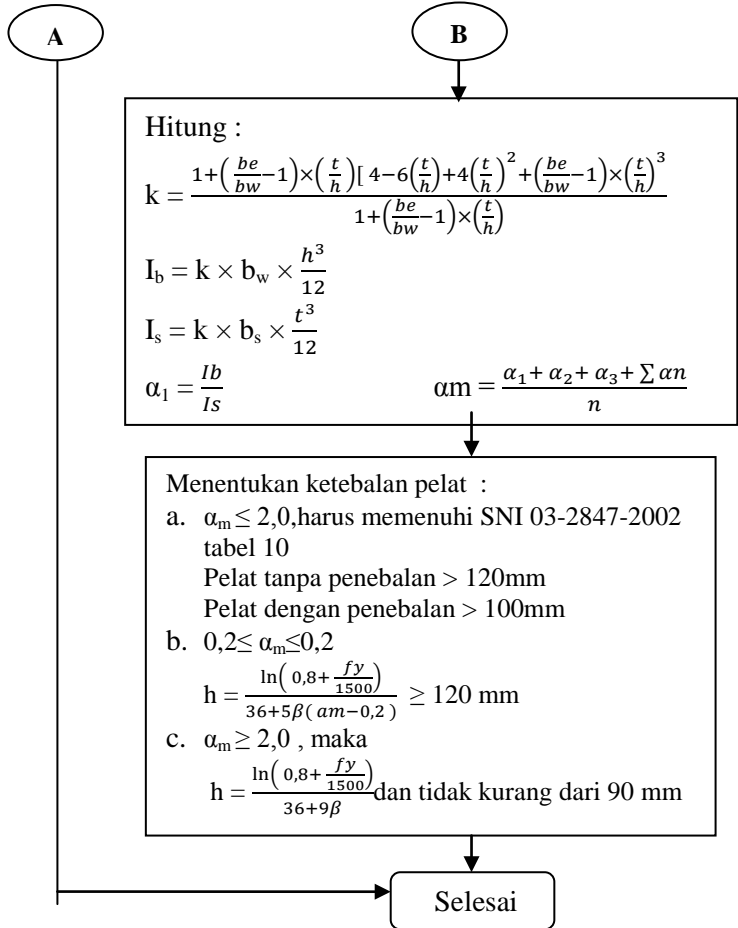
Gambar 4.14 Hasil penampang Kolom (K-2)

4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat

Perencanaan pelat pada gedung Klinik Graha-RA ini terdiri dari pelat lantai dan pelat atap , untuk itu terlebih dahulu perlu diketahui dimensi pelat yang akan digunakan . Berikut diagram alur perencanaan dimensi pelat

Berikut merupakan alur perhitungan Dimensi pelat :



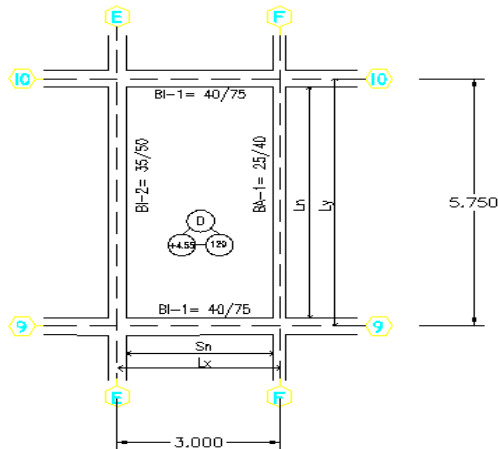


4.1.3.1 Perencanaan Dimensi pelat lantai

a. Data perencanaan

- Tipe pelat : Pelat D
- Kuat tekan beton , f_c' : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur, f_y : 400 Mpa
- Modulus elastisitas beton : $4700\sqrt{f_c'} = 23500 \text{ Mpa}$
- Direncanakan tebal pelat, t : 12 cm
- Bentang sumbu panjang (L_y) : 575 cm
- Bentang sumbu pendek (L_x) : 300 cm
- B1-1 (atas-bawah) : 40/75
- B1-2 (kiri) : 35/50
- BA-1 (kanan) : 25/40

b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.15 Denah pelat lantai tipe D yang ditinjau

c. Perhitungan Perencanaan

- Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$\begin{aligned}
 L_n &= L_y - \left(\frac{b_w}{2} + \frac{b_w}{2} \right) \\
 &= 575 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 535 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek :

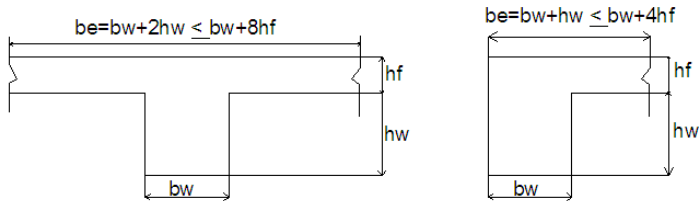
$$\begin{aligned} S_n &= L_x - \left(\frac{b_w}{2} + \frac{b_w}{2} \right) \\ &= 300 - \left(\frac{35}{2} + \frac{25}{2} \right) \\ &= 270 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{535 \text{ cm}}{270 \text{ cm}} = 1,9 \leq 2 \text{ (Two way slab)}$$

- Menentukan lebar efektif flens

Berdasarkan pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002, lebar efektif untuk balok T dan L adalah sebagai berikut

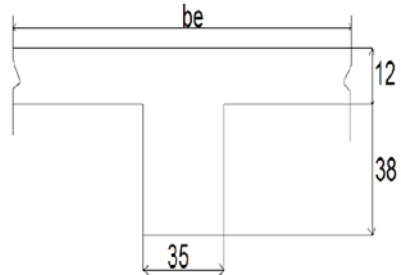


Gambar 4.16 Lebar efektif pada balok T dan L

❖ Tinjau balok 35/50 as (E-9-10)

Lebar efektif b_e

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 35\text{cm} + 2.38\text{cm}$
 $b_e = 111\text{cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 35\text{cm} + 8.12\text{cm}$
 $b_e = 131\text{cm}$
3. b_e pakai = 111 cm



- Faktor modifikasi k (*Desain Beton Bertulang ; C.K Wang & Salmon edisi keempat .hal 131*)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$= 2,783$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,783 \cdot \frac{35 \text{ cm} \cdot (50 \text{ cm})^3}{12} = 1014635,417 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = \frac{0,5 (265 \text{ cm} + 300 \text{ cm}) (12 \text{ cm})^3}{12} = 40680 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

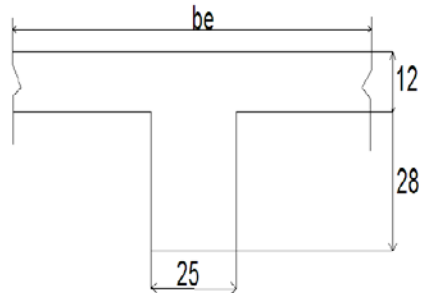
$$\alpha_1 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 = \frac{1014635,417 \cdot 23500}{40680 \cdot 23500} \geq 1,0$$

$$= 24,9 \geq 1,0 \quad (\text{memenuhi})$$

❖ **Tinjau balok 25/40 as (F-9-10)**

Lebar efektif be

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 25 \text{ cm} + 2 \cdot 28 \text{ cm}$
 $b_e = 81 \text{ cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 25 \text{ cm} + 8 \cdot 12 \text{ cm}$
 $b_e = 121 \text{ cm}$
3. $b_e \text{ pakai} = 81 \text{ cm}$



- Faktor modifikasi k (*Desain Beton Bertulang ; C.K Wang & Salmon edisi keempat .hal 131*)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$= 3,088$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 3,088 \cdot \frac{25 \text{ cm} \cdot (40 \text{ cm})^3}{12} = 411733,33 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = \frac{0,5 (300 \text{ cm} + 300 \text{ cm}) (12 \text{ cm})^3}{12} = 43200 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

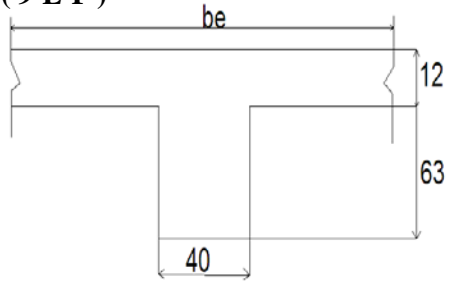
$$\alpha_2 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 = \frac{411733,33 \cdot 23500}{43200 \cdot 23500} \geq 1,0$$

$$= 9,53 \geq 1,0 \quad (\text{memenuhi})$$

❖ **Tinjau balok 40/75 as (9-E-F)**

Lebar efektif b_e

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 40 \text{ cm} + 2 \cdot 63 \text{ cm}$
 $b_e = 166 \text{ cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 40 \text{ cm} + 8 \cdot 12 \text{ cm}$
 $b_e = 136 \text{ cm}$
3. $b_e \text{ pakai} = 136 \text{ cm}$



- Faktor modifikasi k (*Desain Beton Bertulang ; C.K Wang & Salmon edisi keempat .hal 131*)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1 \right) \left(\frac{12}{75} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{75} \right) + 4 \left(\frac{12}{75} \right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1 \right) \left(\frac{12}{75} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1 \right) \left(\frac{12}{75} \right)}$$

$$= 2,484$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,484 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (75 \text{ cm})^3}{12} = 3493125 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = \frac{0,5 (425\text{cm} + 575\text{cm})(12\text{ cm})^3}{12} = 72000\text{cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

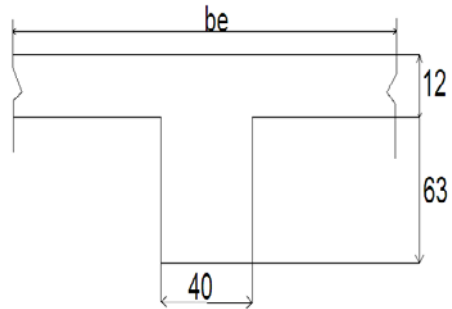
$$\alpha_3 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 = \frac{3493125 \cdot 23500}{72000 \cdot 23500} \geq 1,0$$

$$= 48,5 \geq 1,0 \quad (\text{memenuhi})$$

❖ **Tinjau balok 40/75 as (10-E-F)**

Lebar efektif be

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 40\text{cm} + 2 \cdot 63\text{cm}$
 $b_e = 166\text{cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 40\text{cm} + 8 \cdot 12\text{cm}$
 $b_e = 136\text{cm}$
3. $b_e \text{ pakai} = 136\text{ cm}$



- Faktor modifikasi k (*Desain Beton Bertulang ; C.K Wang & Salmon edisi keempat .hal 131*)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right)\left[4 - 6\left(\frac{12}{75}\right) + 4\left(\frac{12}{75}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right)}$$

$$= 2,484$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,484 \cdot \frac{40\text{ cm} \cdot (75\text{ cm})^3}{12} = 3493125\text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = \frac{0,5 (575\text{cm}+540\text{cm})(12\text{ cm})^3}{12} = 80280\text{cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 = \frac{3493125 \cdot 23500}{80280 \cdot 23500} \geq 1,0$$

$$= 43,5 \geq 1,0 \quad (\text{memenuhi})$$

- Dari keempat rasio kekakuan balok terhadap pelat diatas didapatkan rata-rata a_m

$$a_m = \frac{a1+a2+a3+a4}{4} = \frac{24,9+9,53+48,5+43,5}{4} = 126,43$$

Berdasarkan pasal 11.5.3.c SNI 03-2847-2002 tebal pelat untuk kekakuan rata-rata balok terhadap pelat $a_m \geq 2$ ketebalan minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

$$= \frac{5350 \text{ mm} \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + (9 \times 1,9)} \geq 90 \text{ mm}$$

$$= 106 \text{ mm} \geq 90 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

- d. Hasil akhir perencanaan

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa perencanaan dimensi tebal pelat lantai 120mm **memenuhi** jadi dipakai tebal pelat **120mm**

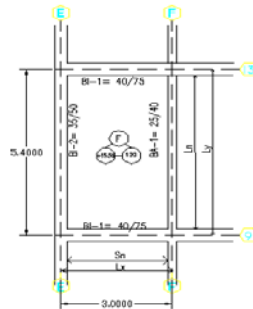
4.1.3.2 Perencanaan Dimensi pelat Atap

- a. Data perencanaan

- Tipe pelat : Pelat F
- Kuat tekan beton , f_c' : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur, f_y : 400 Mpa
- Modulus elastisitas beton : $4700\sqrt{f_c'} = 23500\text{Mpa}$
- Direncanakan tebal pelat , t : 12 cm
- Bentang sumbu panjang (L_y) : 540 cm
- Bentang sumbu pendek (L_x) : 300 cm
- B1-1 (atas-bawah) : 40/75

- B1-2 (kiri) : 35/50
- BA-1(kanan) : 25/40

b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.17 Denah pelat Atap Tipe F yang ditinjau

c. Perhitungan Perencanaan

- Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$\begin{aligned}
 L_n &= L_y - \left(\frac{b_w}{2} + \frac{b_w}{2} \right) \\
 &= 540 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) \\
 &= 500 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$\begin{aligned}
 S_n &= L_x - \left(\frac{b_w}{2} + \frac{b_w}{2} \right) \\
 &= 300 - \left(\frac{35}{2} + \frac{25}{2} \right) \\
 &= 270 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek

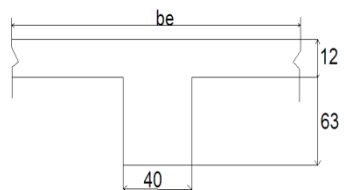
$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{500 \text{ cm}}{270 \text{ cm}} = 1,8 \leq 2 \text{ (Two way slab)}$$

- Menentukan lebar efektif flens

❖ **Tinjau balok 40/75 as (9-F-E)**

Lebar efektif b_e

$$1. \quad b_e = b_w + 2h_w$$



$$b_e = 40\text{cm} + 2.63\text{cm}$$

$$b_e = 166\text{cm}$$

$$2. \quad b_e = b_w + 8h_f$$

$$b_e = 40\text{cm} + 8.12\text{cm}$$

$$b_e = 136\text{cm}$$

$$3. \quad b_e \text{ pakai} = 136 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi k (*Desain Beton Bertulang ; C.K Wang & Salmon edisi keempat .hal 131*)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{75}\right) + 4\left(\frac{12}{75}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right)}$$

$$= 2,484$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,484 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (75 \text{ cm})^3}{12} = 3493125 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = \frac{0,5 (540\text{cm} + 575\text{cm})(12 \text{ cm})^3}{12} = 80280 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 = \frac{3493125 \cdot 23500}{80280 \cdot 23500} \geq 1,0$$

$$= 43,5 \geq 1,0 \quad (\text{memenuhi})$$

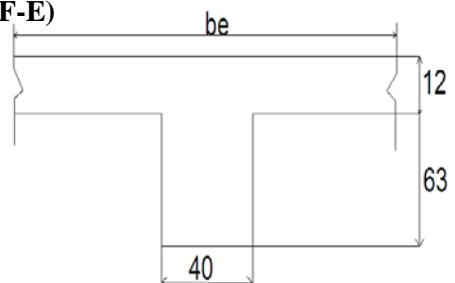
❖ Tinjau balok 40/75 as (13-F-E)

Lebar efektif b_e

$$1. \quad b_e = b_w + 2h_w$$

$$b_e = 40\text{cm} + 2.63\text{cm}$$

$$b_e = 166\text{cm}$$



$$\begin{aligned}
 2. \quad b_e &= b_w + 8h_f \\
 b_e &= 40\text{cm} + 8.12\text{cm} \\
 b_e &= 136\text{cm}
 \end{aligned}$$

$$3. \quad b_e \text{ pakai} = 136 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi k (*Desain Beton Bertulang ; C.K Wang & Salmon edisi keempat .hal 131*)

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)} \\
 k &= \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right)\left[4 - 6\left(\frac{12}{75}\right) + 4\left(\frac{12}{75}\right)^2 + \left(\frac{81}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{81}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{75}\right)} \\
 &= 2,484
 \end{aligned}$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,484 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (75 \text{ cm})^3}{12} = 3493125 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = \frac{0,5 (540\text{cm} + 660\text{cm})(12 \text{ cm})^3}{12} = 86400 \text{ cm}^4$$

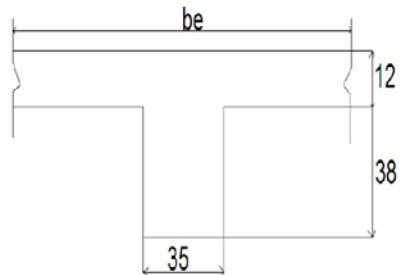
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\begin{aligned}
 \alpha_2 &= \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 = \frac{3493125 \cdot 23500}{86400 \cdot 23500} \geq 1,0 \\
 &= 40,4 \geq 1,0 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

❖ Tinjau balok 35/50 as (E-9-13)

Lebar efektif be

$$\begin{aligned}
 1. \quad b_e &= b_w + 2h_w \\
 b_e &= 35\text{cm} + 2.38\text{cm} \\
 b_e &= 111\text{cm} \\
 2. \quad b_e &= b_w + 8h_f \\
 b_e &= 35\text{cm} + 8.12\text{cm} \\
 b_e &= 131\text{cm} \\
 3. \quad b_e \text{ pakai} &= 111 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



- Faktor modifikasi k (*Desain Beton Bertulang ; C.K Wang & Salmon edisi keempat .hal 131*)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)\left(\frac{12}{50}\right)\left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right)\left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{35} - 1\right)\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$= 2,78$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,78 \cdot \frac{35 \text{ cm} \cdot (50 \text{ cm})^3}{12} = 1013541,667 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = \frac{0,5 (300 \text{ cm})(12 \text{ cm})^3}{12} = 21600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

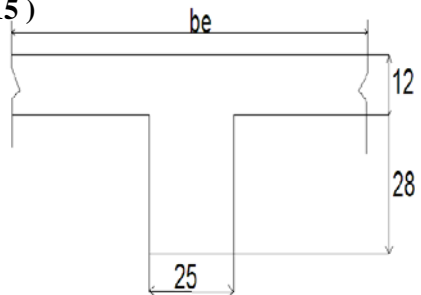
$$\alpha_3 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 = \frac{1013541,667 \cdot 23500}{21600 \cdot 23500} \geq 1,0$$

$$= 46,9 \geq 1,0 \quad (\text{memenuhi})$$

❖ **Tinjau balok 25/40 as (F-9-15)**

Lebar efektif be

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 25 \text{ cm} + 2 \cdot 28 \text{ cm}$
 $b_e = 81 \text{ cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 25 \text{ cm} + 8 \cdot 12 \text{ cm}$
 $b_e = 121 \text{ cm}$
3. $b_e \text{ pakai} = 136 \text{ cm}$



- Faktor modifikasi k (*Desain Beton Bertulang ; C.K Wang & Salmon edisi keempat .hal 131*)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{136}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$= 3,08$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 3,08 \cdot \frac{25 \text{ cm} \cdot (40 \text{ cm})^3}{12} = 410666,6667 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = \frac{0,5 (300 \text{ cm} + 206 \text{ cm}) (12 \text{ cm})^3}{12} = 36432 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 = \frac{410666,6667 \cdot 23500}{36432 \cdot 23500} \geq 1,0$$

$$= 11,3 \geq 1,0 \quad (\text{memenuhi})$$

- Dari keempat rasio kekakuan balok terhadap pelat diatas didapatkan rata-rata a_m

$$a_m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} = \frac{43,5 + 40,4 + 46,9 + 11,3}{4} = 36$$

Berdasarkan pasal 11.5.3.c SNI 03-2847-2002 tebal pelat untuk kekakuan rata-rata balok terhadap pelat $a_m \geq 2$ ketebalan minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

$$= \frac{5000 \text{ mm} \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + (9 \times 1,8)} \geq 90 \text{ mm}$$

$$= 101 \text{ mm} \geq 90 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

d. Hasil akhir perencanaan

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa perencanaan dimensi tebal pelat Atap 120mm **memenuhi** ,jadi dipakai tebal pelat **120mm**

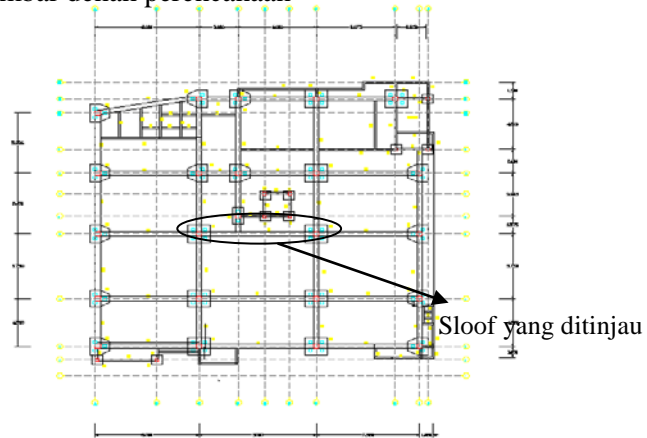
4.1.4 Perencanaan dimensi Sloof

➤ **Sloof 1 (S1)**

a. Data teknis perencanaan :

- | | |
|--|--------------|
| - Tipe balok Sloof | : S1 |
| - As Balok Sloof | : 9' (E – I) |
| - Bentang Balok Sloof | : 900 cm |
| - Kuat tekan beton (F_c') | : 25 Mpa |
| - Kuat leleh tulangan lentur (F_y) | : 400 Mpa |
| - Kuat leleh tulangan geser (F_y) | : 400 Mpa |

b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.18 Denah Sloof S-1 yang ditinjau

c. Ketentuan perencanaan

- Berdasarkan **SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3, Tabel 8**

Tumpuan : $h \geq \frac{l}{16}$, digunakan $h = \frac{l}{12}$

- Secara umum ukuran balok sloof cukup diperkirakan dengan $h = \frac{l}{10}$ sampai $h = \frac{l}{15}$, jadi bisa digunakan $h = \frac{l}{12}$

“ *Dasar-dasar perencanaan beton bertulang (Ir.W.C.VIS dan Ir.GIDEON H.KUSUMA M.Eng) halaman 104 .*”

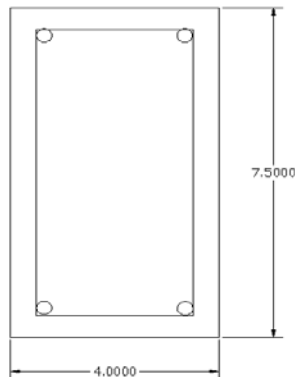
d. Perhitungan perencanaan

$$\bullet h = \frac{l}{12} = \frac{900 \text{ cm}}{12} = 75 \text{ cm}$$

$$\bullet b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 75 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

Dimensi Balok induk B1-1 = 40 /75

e. Hasil akhir gambar perencanaan



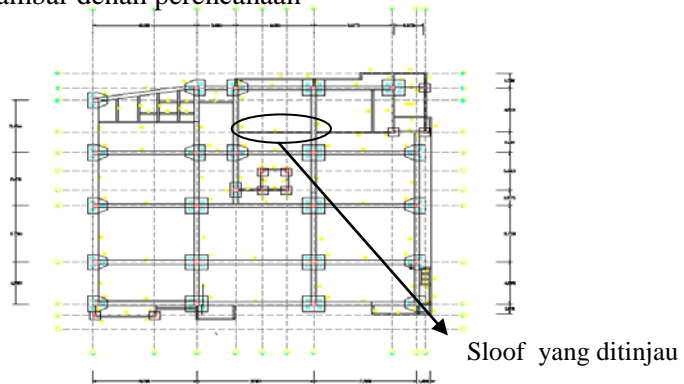
Gambar 4.19 Hasil penampang sloof (S1)

➤ **Sloof 2 (S2)**

a. Data teknis perencanaan :

- Tipe balok Sloof : BA-2
- As Balok Sloof : 15 (F-I)
- Bentang Balok Sloof : 600 cm
- Kuat tekan beton (F_c') : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (F_y) : 400 Mpa

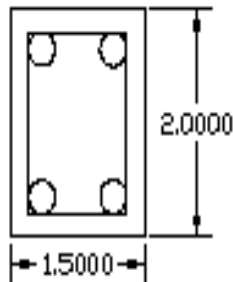
- Kuat leleh tulangan geser (F_y) : 400 Mpa
- b. Gambar denah perencanaan



Gambar 4.20 Denah sloof 2(S2) yang ditinjau

- c. Ketentuan perencanaan
 - Berdasarkan **SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3, Tabel 8**
Balok Dua Tumpuan nilai minimum tinggi (h) = $\frac{l}{16}$
- d. Perhitungan perencanaan
 - $h = \frac{l}{16} = \frac{600 \text{ cm}}{16} = 37,5 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$
 - $b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 37,5 \text{ cm} = 25 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$

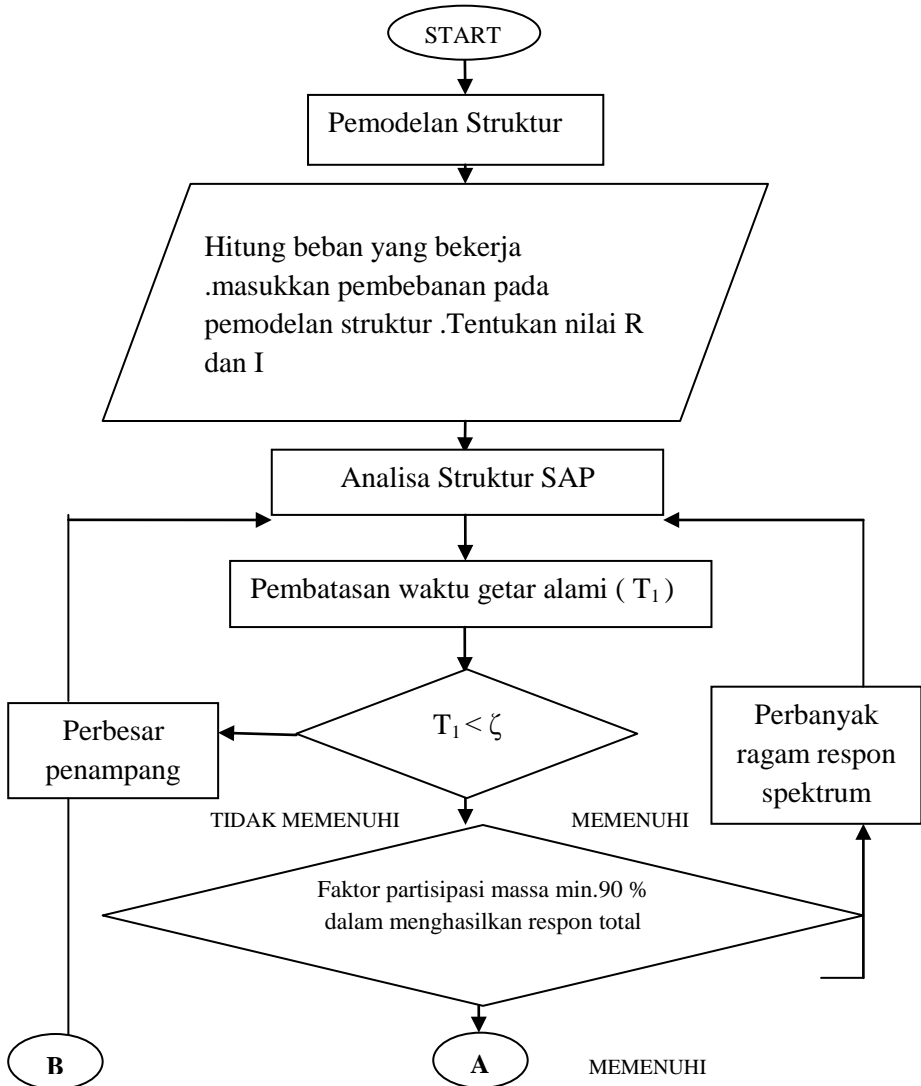
Dimensi Balok anak BA-2 = 15/20
- e. Hasil akhir gambar perencanaan

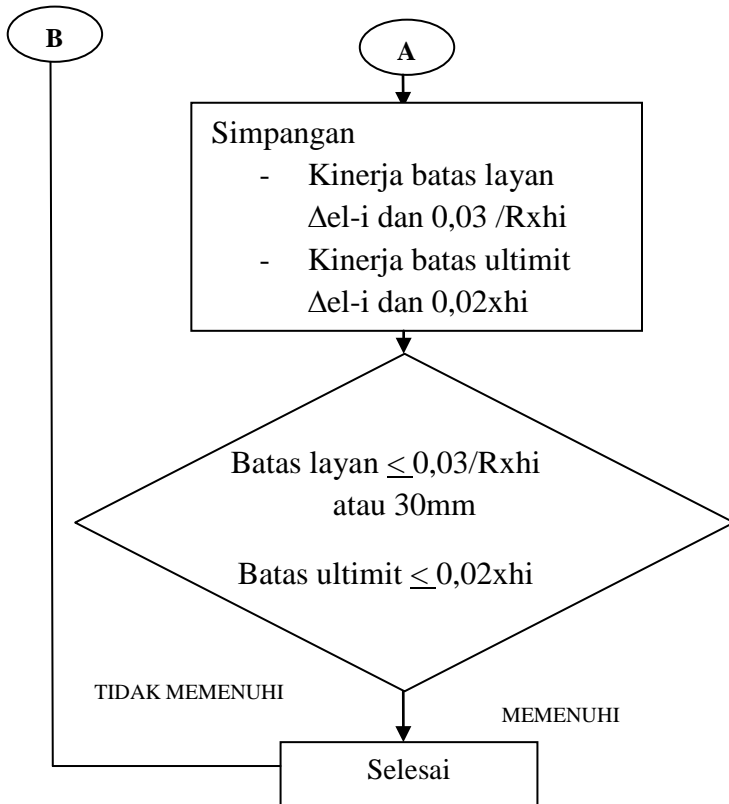


Gambar 4.21 Hasil penampang Sloof 2 (S2)

4.2 PERHITUNGAN GEMPA

Skema perhitungan gempa :

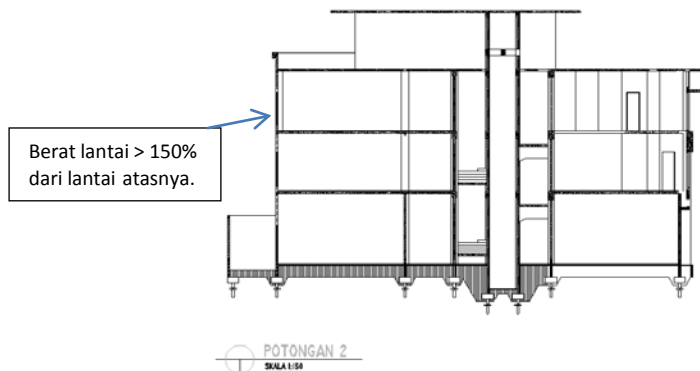




Gedung Klinik Graha RA Surabaya merupakan bangunan bertingkat. Gedung ini didirikan di Surabaya. Jumlah tingkat gedung ialah 4 tingkat. Pada perhitungan beban gempa struktur ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk menentukan jenis apakah gedung termasuk gedung beraturan atau tidak beraturan, dan bila sudah di kategorikan, selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap kategori gedung tersebut.

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi bila suatu gedung termasuk gedung beraturan atau gedung tidak beraturan. Gedung Klinik Graha RA Surabaya termasuk gedung yang tidak beraturan. Hal ini dikarenakan tidak memenuhi salah satu persyaratan yang ditentukan **SNI-1726-2002 pasal 4.2.1** yaitu :

- Sistem Struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% berat lantai tingkat diatasnya atau dibawahnya.



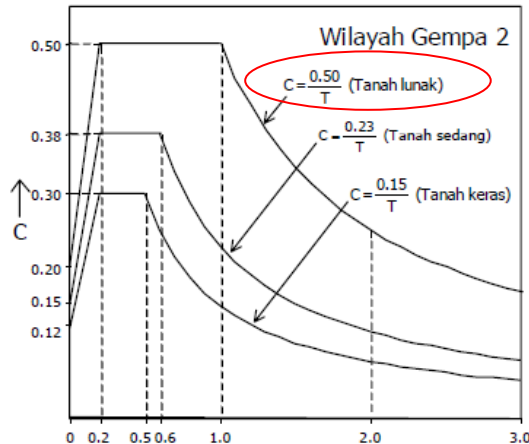
Gambar 4. 22 Potongan gedung

Maka struktur gedung termasuk dalam kategori tidak beraturan. Sehingga Perhitungan pengaruh Gempa Rencana terhadap bangunan gedung Klinik Graha RA Surabaya harus ditentukan melalui analisis respons dinamik tiga dimensi. Untuk mencegah terjadinya respons struktur bangunan gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, dari hasil analisis vibrasi bebas tiga dimensi, paling tidak ragam pertama (fundamental) harus dominan dalam translasi.

4.2.1. Respons Spektrum Gempa Rencana

Respons Spektrum adalah grafik yang menunjukkan nilai besaran respons struktur dengan periode (waktu getar) tertentu. Perhitungan pengaruh gempa diperhitungkan sebagai gaya yang membebani struktur, maka dalam hal ini respons percepatan yang lebih diperhatikan. Sesuai dengan hukum Newton II disebutkan bahwa gaya adalah massa dikalikan percepatan, maka dengan diketahui percepatan tiap massa, struktur gedung dapat diperhitungkan besarnya gaya gempa yang membebani gedung tersebut.

Bangunan ini terletak dalam wilayah gempa 2 dan perencanaan perhitungan gempa sesuai dengan **SNI 03-1726-2002**. Perhitungan gempa dasar dilakukan dengan menganalisis gaya gempa yang dihasilkan pada analisis respons dinamis, dengan bantuan program SAP 2000. Dalam proses perhitungannya dilakukan dengan cara memasukkan grafik Respons Spektrum gempa yang terdapat dalam peraturan SNI 03-1726-2002 sesuai dengan wilayah gempa yaitu wilayah gempa 2 dan kondisi tanah yaitu tanah sedang. Dibawah ini adalah grafik respons spektrum gempa wilayah gempa 2.



Gambar 4. 23 Grafik Respons Spektrum Gempa

4.2.2. Beban Dalam Analisa Struktur Dinamis

Untuk Beban Gempa Dinamis menggunakan Respon Spectrum Sesuai **SNI 03-1726-2002** harus dimodelkan terlebih dahulu Respon Spectrum Gempa Rencana sesuai *gambar*. Agar dapat dimodelkan terlebih dahulu berupa kurva Respon Spectrum Rencana yang koordinatnya C vs T , dengan keadaan (**tanah lunak**) setelah periode 0,6 detik yang berupa fungsi $C = 0,42/T$, dengan Nilai Damping = 0,05 (**SNI 03-1726 -2002**).

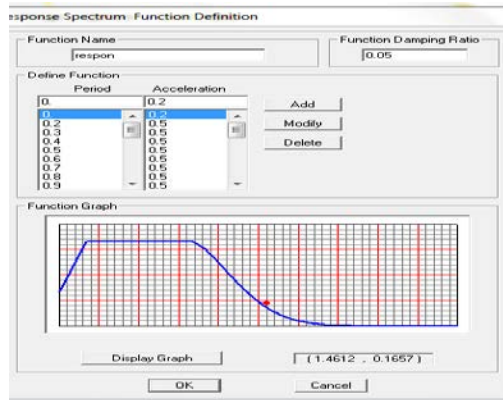
Dengan :

C = Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.

T = Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.

Tabel 4. 1 Nilai Respons Spektrum Gempa Rencana

Waktu Getar (T)	Nilai Respons Spektrum (C)	Waktu Getar (T)	Nilai Respons Spektrum (C)
0	0.2	1.6	0.086718837
0.2	0.5	1.7	0.05101108
0.3	0.5	1.8	0.028339489
0.4	0.5	1.9	0.014915521
0.5	0.5	2	0.00745776
0.6	0.5	2.1	0.003551314
0.7	0.5	2.2	0.001614234
0.8	0.5	2.3	0.000701841
0.9	0.5	2.4	0.000292434
1	0.5	2.5	0.000116973
1.1	0.454545455	2.6	4.49898E-05
1.2	0.378787879	2.7	1.66629E-05
1.3	0.291375291	2.8	5.95103E-06
1.4	0.208125208	2.9	2.05208E-06
1.5	0.138750139	3	6.84027E-07



Gambar 4. 24 *Input Kurva Respon Spektrum pada SAP*

4.2.3. Faktor Keutamaan

Gedung Klinik Graha RA Surabaya ini berfungsi sebagai gedung yang dikategorikan sebagai gedung rumah sakit. Sehingga sesuai **SNI 03-1726-2003 tabel 1 hal 12**, diperoleh nilai faktor keutamaan (I) = 1.4

4.2.4. Faktor Reduksi Gempa

Gedung Kuliah politeknik pwekapalan negeri surabaya dalam perhitungan strukturnya menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dengan rangka beton bertulang. Sehingga sesuai SNI 03-1726-2002 tabel 3 hal 16, diperoleh, nilai faktor reduksi gempa (R) = 5,5 dan nilai faktor tahanan struktur (f) = 2,8.

4.2.5. Arah Pembebanan Gempa Respons Dinamik

Untuk mensimulasikan arah pengaruh Gempa Rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi

dengan efektifitas hanya 30% (*SNI - 1726 - 2002 Pasal 5.8.2*).

Beban Gempa Dinamik :

- Beban Gempa Respons Spectrum X (EX) : 100% untuk arah X dan 30% untuk arah Y
- Beban Gempa Respons Spectrum Y (EY) : 100% untuk arah Y dan 30% untuk arah X

Menurut *SNI 03-1726 -2002 Pasal 7.2.1* pada Respons Spektrum Gempa Rencana menurut Gambar 2 yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R, di mana I adalah Faktor Keutamaan menurut Tabel 1, sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan dan dikalikan dengan nilai C yang merupakan percepatan Gravitasi.

Beban Gempa Respons Spectrum X (RS-X)

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: GEMPA X

Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:

- ☒ CQC
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

GMC f1: 1.0

GMC f2: 0.0

Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ CQC3
- ☐ Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case:

Use Modes from this Model: Arah X

Modal: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	respon	2.497
Accel	111	respon	2.497

Buttons: Add, Modify, Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05

Buttons: OK, Cancel

Gambar 4. 25 Input Respons Spectrum Arah X Pada SAP

Dimana :

- $I = 1,4$ (Gedung rumah sakit)
- $R = 5,5$ (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah)
- $C = 9,81 \text{ m/det}^2$ (Perecepatan Gravitasi)

Perhitungan :

$$U1 = 100\% \times 9,81 \times (1,4/5,5) = 2,497$$

$$U2 = 30\% \times 9,81 \times (1/5,5) = 0,80$$

Beban Gempa Respons Spectrum Y (RS-Y)

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: GEMPA Y Set Def Name: Modify/Show...

Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- ☒ CQC
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

GMC I1: 1.0 GMC I2: 0.0

Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ CQC3
- ☐ Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	respon	2.497
Accel	U2	respon	0.80

Add Modify Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 4.26 Input Respons Spectrum Arah X Pada SAP

Dimana :

- $I = 1,4$ (Gedung rumah sakit)
- $R = 5,5$ (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah)
- $C = 9,81 \text{ m/det}^2$ (Perecepatan Gravitasi)

Perhitungan :

$$U1 = 100\% \times 9,81 \times (1,4/5,5) = 2,497$$

$$U2 = 30\% \times 9,81 \times (1/5,5) = 0,80$$

4.2.6. Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental (T_1)

Untuk mencegah penggunaan struktur bangunan gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur bangunan gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien (ξ) untuk wilayah gempa dan jenis struktur bangunan gedung menurut persamaan :

$$T_1 < \xi n$$

Karena gedung ini terletak pada wilayah gempa 4 (sedang) dan jenis struktur ringan, rangka beton maka berdasarkan *SNI 03-1726-2002 tabel 8* didapatkan nilai (ξ) = 0,19. Nilai T_1 fundamental diambil dari hasil output SAP 2000 adalah = 0,94 detik.

$$\begin{aligned} T_1 &< \xi n \\ 0,94 &< 0,19 \times 5 \\ 0,94 &< 0,95 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

4.2.7. Analisa Ragam Respons Spektrum

Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metode analisis respons dinamik harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa ragam efektif dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90%. (*SNI 03-1726-2002 Pasal 7.2.1*)

Setelah dilakukan analisis struktur dengan menggunakan program SAP 2000, jumlah kumulatif partisipasi massa pada ragam ke-12 mencapai 99,7% pada arah X dan 99,9% pada arah Y. Karena jumlah kumulatif partisipasi massa dalam menghasilkan respons total sudah mencapai sekurang-kurangnya 90%, maka analisis dibatasi sampai ragam ke-12.

Tabel 4. 2 Hasil Total Partisipasi Massa Pada Ragam Ke-12

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.611035	0.0002347	0.792	0.00004571	0.0002347	0.792	0.00004571
MODAL	Mode	2	0.579166	0.495	0.007242	0.00009589	0.495	0.799	0.0001416
MODAL	Mode	3	0.529929	0.35	0.018	0.00007099	0.844	0.817	0.0002126
MODAL	Mode	4	0.194458	0.00006799	0.074	0.00006112	0.844	0.891	0.0002737
MODAL	Mode	5	0.180374	0.027	0.0007351	0.0005046	0.871	0.891	0.0007783
MODAL	Mode	6	0.170505	0.03	0.0002952	0.000834	0.901	0.892	0.001612
MODAL	Mode	7	0.115344	0.000006455	0.007456	0.011	0.901	0.899	0.012
MODAL	Mode	8	0.101796	0.0004907	0.006301	0.002642	0.901	0.906	0.015
MODAL	Mode	9	0.098008	0.012	0.0001795	0.006664	0.913	0.906	0.022
MODAL	Mode	10	0.070164	0.0002105	0.028	0.00005108	0.914	0.934	0.022
MODAL	Mode	11	0.051568	0.083	0.0003193	0.0005379	0.997	0.934	0.022
MODAL	Mode	12	0.045543	0.0003145	0.065	0.00003453	0.997	0.999	0.022

4.2.8. Kontrol Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat (*drift*) adalah selisih pergoyangan pada suatu tingkat dengan tingkat dibawahnya. Simpangan antar tingkat ini harus diperhitungkan dalam dua kondisi yaitu kondisi batas layan dan kondisi batas ultimit.

1. Kinerja Batas Layan

Untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping juga untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni maka simpangan antar tingkat haruslah diperhitungkan. Berdasarkan *SNI 03-1726-2002 pasal 8.1.2*, maka simpangan yang terjadi tidak boleh melampaui $\frac{0,03}{R}$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30mm, bergantung yang mana yang nilainya

terkecil. Berikut adalah tinjauan kinerja batas layan gedung :

Tabel 4.3 Hasil Total Kinerja Batas Layan Gedung

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
14004	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.001986	0.009342	0.000627	0.000355	0.000188	0.000131
14005	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.007376	0.006112	0.000277	0.000393	0.000565	0.000384
14005	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.002003	0.009224	0.000448	0.000507	0.00016	0.0002
14006	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.007239	0.006	0.000133	0.000461	0.00056	0.000401
14006	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.002021	0.009068	0.000211	0.000645	0.000211	0.000133
14007	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.007107	0.005875	0.000153	0.000481	0.000579	0.000322
14007	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.002046	0.008888	0.000084	0.000675	0.000202	0.000303
14008	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.007918	0.00647	0.000719	0.000174	0.000587	0.000473
14008	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.001942	0.009377	0.000682	0.000269	0.000151	0.000133
14009	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.007786	0.006473	0.000706	0.00015	0.000582	0.000448
14009	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.001957	0.009411	0.000742	0.000046	0.000144	0.000141
14010	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.007651	0.006438	0.00064	0.000229	0.000565	0.000452
14010	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.001972	0.009386	0.000709	0.000188	0.000156	0.000123
14011	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.007513	0.006369	0.000528	0.000324	0.000573	0.000414
14011	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.001987	0.009306	0.000595	0.000369	0.000145	0.000164
14012	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.007376	0.006273	0.000378	0.000408	0.000559	0.000427
14012	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.002004	0.009182	0.000411	0.000525	0.000178	0.00012
14013	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0.00724	0.006155	0.000206	0.000466	0.000553	0.000373
14013	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0.002023	0.009018	0.000172	0.000638	0.000147	0.000218
			MAX	0.014056	0.016701				
			MIN	0	0				

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa hasil batas layan gedung maksimum adalah $0,016\text{m} = 16\text{mm}$

Syarat:

$$16\text{mm} < \left(\frac{0,03}{R} \times \text{tinggi gedung} \right) \text{ atau sama dengan } 30\text{mm}$$

$$16\text{mm} < \frac{0,03}{5,5} \times 15500\text{mm} \text{ atau sama dengan } 30\text{mm}$$

$$16\text{mm} < 56,36\text{mm} \text{ (Memenuhi)}$$

2. Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam

kondisi gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela dilatasi).

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur bangunan gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur bangunan gedung menurut pasal 8.2.1 tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat bersangkutan.(*SNI 03-1726-2002 pasal 8.2.2*)

Berikut adalah hasil tinjauan batas ultimit gedung

Tabel 4.4 Total Hasil Kinerja Batas Ultimit Gedung

TABLE: Joint Displacements									
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
4013	0.9D + EX + 0.3EY	Combination	Min	-0.006511	-0.006868	-0.002014	0.001346	-0.001478	-0.00020
4013	0.9D + 0.3EX + EY	Combination	Max	0.00553	0.012857	-0.001523	0.002781	-0.000568	0.00056
4013	0.9D + 0.3EX + EY	Combination	Min	-0.002859	-0.008873	-0.00199	0.001225	-0.001193	-0.00009
4013	1.2D + 1L + EX - 0.3EY	Combination	Max	0.009937	0.011896	-0.002409	0.003754	-0.00092	0.00090
4013	1.2D + 1L + EX - 0.3EY	Combination	Min	-0.005756	-0.005825	-0.002923	0.00244	-0.002115	0.00002
4013	1.2D + 1L + 0.3EX - EY	Combination	Max	0.006285	0.0139	-0.002433	0.003875	-0.001204	0.00079
4013	1.2D + 1L + 0.3EX - EY	Combination	Min	-0.002104	-0.007829	-0.002899	0.002319	-0.00183	0.00013
4013	0.9D + EX - 0.3EY	Combination	Max	0.009182	0.010852	-0.001499	0.00266	-0.000283	0.00067
4013	0.9D + EX - 0.3EY	Combination	Min	-0.006511	-0.006868	-0.002014	0.001346	-0.001478	-0.00020
4013	0.9D + 0.3EX - EY	Combination	Max	0.00553	0.012857	-0.001523	0.002781	-0.000568	0.00056
4013	0.9D + 0.3EX - EY	Combination	Min	-0.002859	-0.008873	-0.00199	0.001225	-0.001193	-0.00009
4013	1.2D + 1L - EX - 0.3EY	Combination	Max	0.009937	0.011896	-0.002409	0.003754	-0.00092	0.00090
4013	1.2D + 1L - EX - 0.3EY	Combination	Min	-0.005756	-0.005825	-0.002923	0.00244	-0.002115	0.00002
4013	1.2D + 1L - 0.3EX - EY	Combination	Max	0.006285	0.0139	-0.002433	0.003875	-0.001204	0.00079
4013	1.2D + 1L - 0.3EX - EY	Combination	Min	-0.002104	-0.007829	-0.002899	0.002319	-0.00183	0.00013
4013	0.9D - EX - 0.3EY	Combination	Max	0.009182	0.010852	-0.001499	0.00266	-0.000283	0.00067
4013	0.9D - EX - 0.3EY	Combination	Min	-0.006511	-0.006868	-0.002014	0.001346	-0.001478	-0.00020
4013	0.9D - 0.3EX - EY	Combination	Max	0.00553	0.012857	-0.001523	0.002781	-0.000568	0.00056
4013	0.9D - 0.3EX - EY	Combination	Min	-0.002859	-0.008873	-0.00199	0.001225	-0.001193	-0.00009
			MAX	0.018122	0.019898				
			MIN	-0.012503	-0.016118				

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa hasil batas layan gedung maksimum adalah 0,019m = 19mm

Syarat:

$$19 \text{ mm} < (0,02 \times \text{tinggi gedung})$$

$$19 \text{ mm} < 0,02 \times 15500 \text{ mm}$$

$$19 \text{ mm} < 310 \text{ mm (Memenuhi)}$$

4.2.9 Jenis Tanah

Berdasarkan **SNI 03-1726-2002** ,pasal 4.6.3 “ Jenis kategori tanah dibedakan menjadi tanah keas, sedang , lunak dan khusus , jenis tanah Pada bangunan ini adalah tanah lunak , berdasarkan perhitungan menggunakan data SPT berikut ini :

i	ti	Ni	ti / Ni
1	2	1	2,00
2	3	1	3,00
3	2	1	2,00
4	3	5	0,60
5	5	19	0,26
6	5	49	0,10
7	3	60	0,05
8	4	60	0,07
9	1	60	0,02
10	7	37	0,19
11	7	60	0,12
12	7	60	0,12
	49		8,52

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m ti}{\sum_{i=1}^m ti/Ni}$$

Dimana :

ti : tebal lapisan tanah ke-i

Ni : nilai hasil test penetrasi standart lapisan tanah ke-i

—

$$N = \frac{49}{8,52} = 5,75 < 15 \text{ (termasuk tanah lunak)}$$

4.3 Perhitungan Pelat

4.3.1 Pembebanan pelat

Pelat / slab adalah bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur kemasing-masing tumpuan .Dalam design,gaya-gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu arah dan dua arah .Jika perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya dua kali lebar atau lebih ,maka hampir semua beban lantai menuju balok-balok dan hanya sebagian kecil akan menyalur secara langsung ke gelagar sehingga pelat dapat direncanakan sebagai pelat satu arah (*One way slab*),dengan tulangan utama yang sejajar dengan gelagar dan tulangan susut dan suhu yang sejajar dengan balok-balok . Sedangkan bila perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya lebih dari 2 ,maka seluruh beban lantai menyebabkan permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda.Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung disekelilingnya,dengan demikian panel disebut pelat dua arah (*Two way slab*),dengan tulangan utama dipasang dua arah yaitu searah sumbu x dan searah sumbu y,seandainya tulangan susut dan suhu dipasang mengitari pelat tersebut .(*Desain Beton Bertulang , oleh C.K wang dan C.G.Salmon –Bab 16*).

Untuk pembebanan direncanakan pelat menerima beban-beban sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG) 1983 ,Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah :

$$U = 1,2DL + 1,6LL$$

U : Beban ultimate pelat

DL : Beban matipelat

LL : Beban hidup pelat

Dengan data perencanaan sebagai berikut :

Mutu beton (f_c') : 25 Mpa

Mutu baja I (f_y) : 400 Mpa

Selimut beton : 20mm

(SNI 03-2847 pasal 9.7.1 mengenai pelindung beton untuk tulangan)

Diameter tulangan utama (D_u) = 10mm

Diameter tulangan susut (D_s) = 8mm

4.3.1.1 Pembebanan pelat lantai 1,2,3

- **Beban mati (DL)**

Berat sendiri pelat : $0,12m \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288\text{kg/m}^2$

Ubin $t=1\text{cm}$: $1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$

Spesi $t=1\text{cm}$: $1 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 21 \text{ kg/m}^2$

Plafond +penggantung : (11 +7) = 18 kg/m^2

Pemipaan air bersih +kotor = 25 kg/m^2

Instalasi listrik ,Ac = $\underline{40 \text{ kg/m}^2}$

DL = **416 kg/m^2**

- **Beban hidup (LL)**

Untuk bangunan Rumah sakit

LL = **250 kg/m^2**

- **Beban ultimate (U)**

U = 1,2DL +1,6LL

= 1,2(416 kg/m^2) +1,6(250 kg/m^2)

= 899,2 kg/m^2

4.3.1.2 Pembebanan pelat lantai 4

Pada lantai 4 terdapat tandon dan juga Penthouse yang terletak ditengah nya . Jadi area pembebanan pelat dibagi menjadi 3 bagian

a.Area lantai diluar penthose (sebagai sampel Diambil pelat tipe C ,elevasi +12,05

- **Beban mati (DL)**

Berat sendiri pelat : $0,12m \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288\text{kg/m}^2$

Plafond +penggantung : (11 +7) = 18 kg/m^2

Pemipaan air bersih +kotor = 25 kg/m^2

Instalasi listrik ,Ac = $\underline{40 \text{ kg/m}^2}$

DL = **371 kg/m^2**

- **Beban hidup (LL)**

Untuk bangunan Rumah sakit

$$\text{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban ultimate (U)**

$$\begin{aligned} U &= 1,2\text{DL} + 1,6\text{LL} \\ &= 1,2(371 \text{ kg/m}^2) + 1,6(250 \text{ kg/m}^2) \\ &= 845,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

b. Pelat lantai (area lantai penthouse)

- **Beban mati (DL)**

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat : } 0,12\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 &= 288 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Ubin } t=1\text{cm} : 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 &= 24 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Spesi } t=1\text{cm} : 1 \times 21 \text{ kg/m}^2 &= 21 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Plafond +penggantung : (11 +7)} &= 18 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Pemipaan air bersih +kotor} &= 25 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Instalasi listrik ,Ac} &= 40 \text{ kg/m}^2 + \\ \text{DL} &= 416 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- **Beban hidup (LL)**

Untuk bangunan Rumah sakit

$$\text{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban ultimate (U)**

$$\begin{aligned} U &= 1,2\text{DL} + 1,6\text{LL} \\ &= 1,2(416 \text{ kg/m}^2) + 1,6(250 \text{ kg/m}^2) \\ &= 899,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

c. Pelat lantai untuk tandon

- **Beban mati (DL)**

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat : } 0,12\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 &= 288 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Plafond +penggantung : (11 +7)} &= 18 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Pemipaan air bersih +kotor} &= 25 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Instalasi listrik ,Ac} &= 40 \text{ kg/m}^2 + \\ \text{DL} &= 371 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- **Beban hidup (LL)**

Tandon air

$$\text{Tipe} = \text{TS-5500 (PENYU)}$$

$$\text{Luas pelat} = 17,49 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 V &= 5500 \text{ liter} &= 5,5 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 & &= 5500 \text{ kg} / 17,49 \text{ m}^2 \\
 & &= 314,5 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Beban ultimate (U)**

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2DL + 1,6LL \\
 &= 1,2(371 \text{ kg/m}^2) + 1,6(314,5 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 948,3 \text{ kg /m}^2
 \end{aligned}$$

4.3.1.3 Pembebanan pelat lantai atap

- **Beban mati (DL)**

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri pelat : } 0,12\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 &= 288 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plafond + penggantung : (11 + 7)} &= 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Pemipaan air bersih + kotor} &= 25 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Instalasi listrik ,Ac} &= \underline{40 \text{ kg/m}^2} + \\
 \text{DL} &= \underline{371 \text{ kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

- **Beban hidup (LL)**

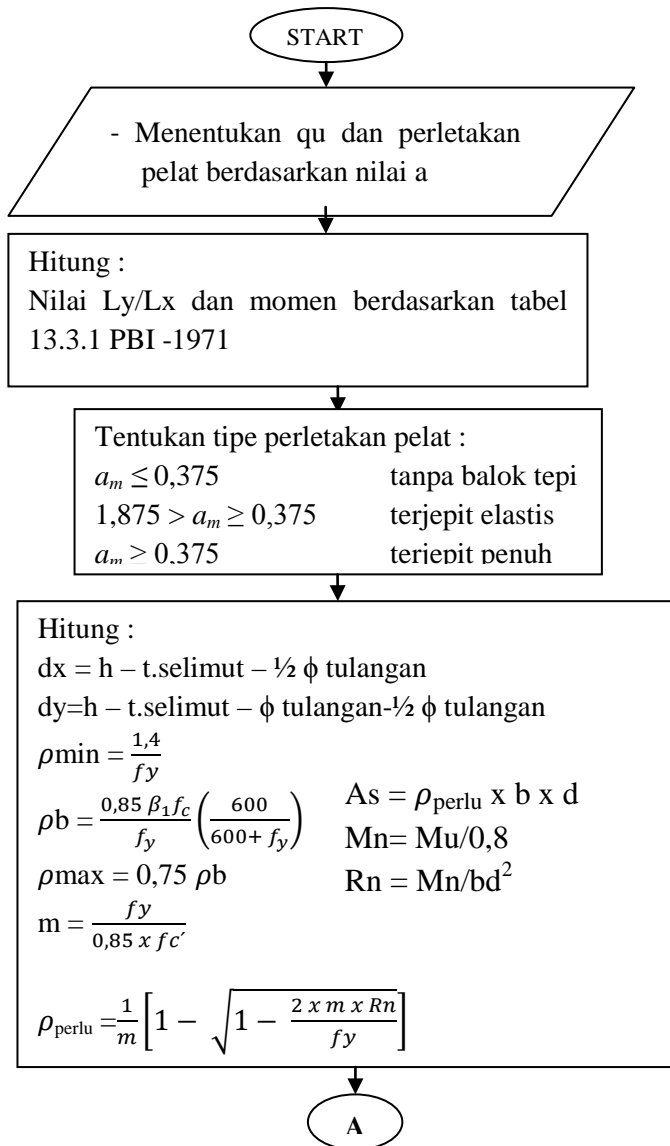
Untuk hidup untuk pekerja

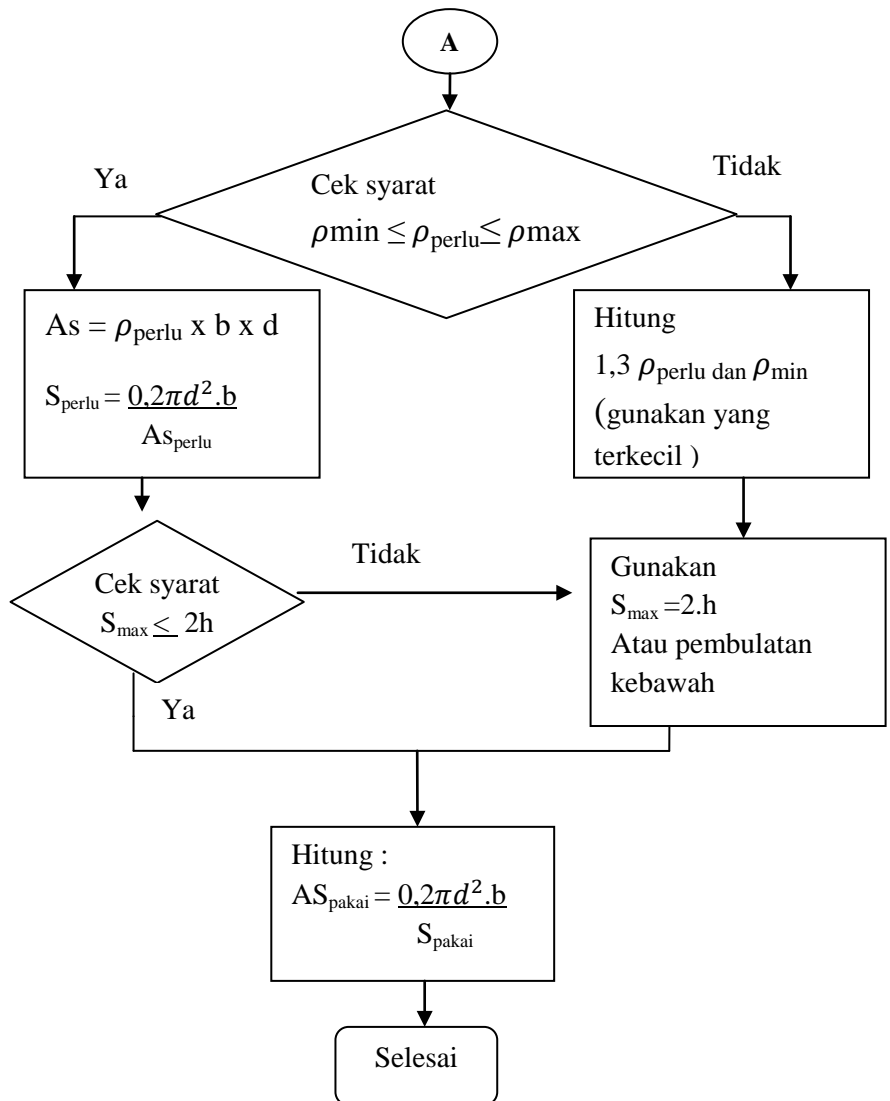
$$LL = 100 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban ultimate (U)**

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2DL + 1,6LL \\
 &= 1,2(371 \text{ kg/m}^2) + 1,6(100 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 605,2 \text{ kg /m}^2
 \end{aligned}$$

4.3.2 Perhitungan penulangan pelat





Dalam buku Chu-Kia Wang dan Charles G.Salmon menyatakan bahwa perletakan yang digunakan pada pelat terhadap balok dapat diasumsikan sebagai berikut :

- $\alpha m \leq 0,375$ sebagai pelat tanpa balok tepi
- $0,375 \leq \alpha m \leq 1,875$ sebagai pelat dengan balok tepi yang elastis
- $\alpha m \geq 1,875$ sebagai pelat dengan balok tepi yang kaku

Dari perhitungan harga a_m pada perencanaan tebal pelat maka didapatkan harga a_m untuk pelat lantai = 31,62 dan untuk pelat atap $a_m = 35,6 > 1,875$ maka asumsi perletakan pelat lantai dan pelat atap adalah jepit penuh ,dimana untuk menganalisa gaya-gaya dalam yang tejadipada pelat menggunakan **PBBI 1971 pasal 13.3 tabel (13.3(1)) hal 102 .**

Perhitungan Momen-momen Pelat

Pakai Tabel 13.3.1 PBBI-1971

↑

Pelat dengan balok-balok penumpu

Tipe Pelat	Momen	ly / lx																	
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2.5	
I	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
II	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	21	25	29	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	41	42	42	42	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	11	10	8	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	52	59	66	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
III	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	20	23	26	27	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	60	67	75	79	82	84	86	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	60	62	64	66	67	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	22	24	26	27	28	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
IVa	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	82	84	86	88	89	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	22	23	24	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	
IVb	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	37	41	45	48	51	53	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	
Va	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	31	30	29	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	15	15	15	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	84	92	98	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	123	124	125	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	20	27	28	28	27	26	25	23	22	21	20	20	20	19	18	18	18	
Vb	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	55	65	74	82	89	93	99	103	108	110	114	116	117	118	119	120	125	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	60	65	69	72	74	75	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8	
Vib	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	21	27	30	32	34	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8	
	$M_u = 0.001 q_u l_x^2 N$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
Scoring		= Terima kasih																	
		= Tegap penuh																	

Tabel 4.1 momen dalam pelat

Persamaan gaya yang digunakan dalam momen adalah sebagai berikut (PBBI 1971 pasal 13.3 tabel 13.3.1)

$$M_{lx} = 0,001 x q x l_x^2 x X$$

$$M_{ly} = 0,001 x q x l_x^2 x X$$

$$M_{tx} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

dimana :

M_{lx} = Momen lapangan arah x

M_{ly} = Momen lapangan arah y

M_{tx} = Momen tumpuan arah x

M_{ty} = Momen tumpuan arah y

Penulangan yang akan dibahas pada laporan ini adalah pelat lantai tipe D dan pelat atap tipe F

4.3.2.1 Perhitungan penulangan pelat lantai

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung PPIUG 1983 kombinasi yang digunakan :

$$U = 1,2DL + 1,6LL$$

U : Beban ultimate pelat

DL: Beban matipelat

LL: Beban hidup pelat

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } U &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= 1,2(416 \text{ kg/m}^2) + 1,6(250 \text{ kg/m}^2) \\ &= 899,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

• Pelat lantai tipe – D (As – E-F-9-10)

Data perencanaan

Mutu beton (f_c') : 25 Mpa

Mutu baja I (f_y) : 400 Mpa

Tebal pelat : 12 cm

Selimut beton : 20mm

ϕ tulangan utama (D_u) = 10mm

ϕ tulangan susut (D_s) = 8mm

β : 0,85

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.3)

bentang pelat sumbu panjang (L_y) = 575 cm

bentang pelat sumbu pendek (L_x) = 300 cm

faktor reduksi (ϕ) = 0,8

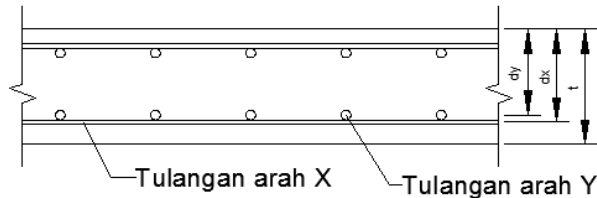
(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2)

$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= 0,001 \times q \times l x^2 \times X_{ly} \\
 &= 0,001 \times 899,2 \text{ kg/m}^2 \times (3 \text{ m})^2 \times 12 \\
 &= 97,1136 \text{ kg.m} \\
 &= 971136 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= -0,001 \times q \times l x^2 \times X_{tx} \\
 &= -0,001 \times 899,2 \text{ kg/m}^2 \times (3 \text{ m})^2 \times 83 \\
 &= -671,7024 \text{ kg.m} \\
 &= -6717024 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= -0,001 \times q \times l x^2 \times X_{ty} \\
 &= -0,001 \times 899,2 \text{ kg/m}^2 \times (3 \text{ m})^2 \times 57 \\
 &= -461,2896 \text{ kg.m} \\
 &= -4612896 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

• Tinggi efektif



Gambar 4. 28 Asumsi tinggi manfaat pelat (dx, dy, t)

$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= t - \text{decking} - \phi_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

• Tulangan minimum dan maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,02709\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,02709 \\ &= 0,02032\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 25} \\ &= 18,8235\end{aligned}$$

➤ **Penulangan lapangan arah X**

$$\begin{aligned}- M_{lx} &= 3237120 \text{ Nmm} \\ - Mn &= \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{3237120 \text{ Nmm}}{0,8} = 4046400 \text{ Nmm} \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)} \\ - Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{4046400 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,44835\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}-\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,8235} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8235 \times 0,44835}{400}} \right] \\ &= 0,00113\end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$-\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 > 0,00113 < 0,02032 \quad \text{(tidak memenuhi),}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 digunakan :

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,00113 = 0,001473$$

- Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}As &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,001473 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm} \\ &= 139,921 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

-Direncanakan tulangan pelat \emptyset 10 mm ,maka jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{139,921 \text{ mm}^2} \\ &= 561,029 \text{ mm} \end{aligned}$$

-Kontrol jarak spasi tulangan

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= 561,029 \text{ mm} > S_{\text{max}} = 240 \text{ mm} \\ \rightarrow S_{\text{pakai}} &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan \emptyset 10 – 150 mm

$$\begin{aligned} -A_s_{\text{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 523,6 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

➤ Penulangan lapangan arah Y

$$-M_{ly} = 971136 \text{ Nmm}$$

$$-M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{971136 \text{ Nmm}}{0,8} = 1213920 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$-R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{1213920 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,168017$$

$$\begin{aligned} -\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,8235} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8235 \times 0,168}{400}} \right] \\ &= 0,000422 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$-\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 > 0,000422 < 0,02032 \quad (\text{tidak memenuhi}),$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 digunakan :

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,000422 = 0,00054823$$

- Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,00054823 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm} \\ &= 46,59955 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

-Direncanakan tulangan pelat \emptyset 10 mm ,maka jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{46,59955 \text{ mm}^2} \\ &= 1684,566 \text{ mm} \end{aligned}$$

-Kontrol jarak spasi tulangan

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{perlu}} = 1684,566 \text{ mm} > S_{\text{max}} = 240 \text{ mm}$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan \emptyset 10 – 150 mm

$$\begin{aligned} -A_s_{\text{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 523,6 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

➤ **Penulangan tumpuan arah X**

$$- M_{lx} = 671024 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} - M_n &= \frac{M_{lx}}{\emptyset} = \frac{671024 \text{ Nmm}}{0,8} = 8396280 \text{ Nmm} \\ &\text{(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)} \end{aligned}$$

$$- R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{8396280 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,930336$$

$$-\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{18,8235} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8235 \times 0,93034}{400}} \right]$$

$$= 0,002379$$

Cek persyaratan :

$$-\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,002379 < 0,02032 \quad (\text{tidak memenuhi}),$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 digunakan:

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,002379 = 0,003092845$$

- Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,003092845 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm} \\ &= 293,8203 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

-Direncanakan tulangan pelat \emptyset 10 mm ,maka jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{293,8203 \text{ mm}^2} \\ &= 267,1701 \text{ mm} \end{aligned}$$

-Kontrol jarak spasi tulangan

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{perlu}} = 267,1701 \text{ mm} > S_{\max} = 240 \text{ mm}$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} -A_s_{\text{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 523,6 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

➤ **Penulangan tumpuan arah Y**

$$- M_{ly} = 4612896 \text{ Nmm}$$

$$- M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{4612896 \text{ Nmm}}{0,8} = 5766120 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$- R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{5766120 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,798079$$

$$\begin{aligned} -\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,8235} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8235 \times 0,79808}{400}} \right] \\ &= 0,002034 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$-\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,002034 < 0,02032 \quad (\text{tidak memenuhi}),$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 digunakan:

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,002034 = 0,002644383$$

- Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,002644383 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm} \\ &= 224,7725 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

-Direncanakan tulangan pelat Ø 10 mm ,maka jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{224,7725 \text{ mm}^2} \\ &= 349,242 \text{ mm} \end{aligned}$$

-Kontrol jarak spasi tulangan

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{perlu}} = 349,242 \text{ mm} > S_{\max} = 240 \text{ mm}$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan Ø10 – 150 mm

$$\begin{aligned} -A_s \text{ pasang} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150\text{mm}} \\ &= 523,6 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu (Ok)} \end{aligned}$$

4.3.2.2 Perhitungan penulangan pelat Atap

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia

Untuk Gedung PPIUG 1983 kombinasi yang digunakan :

$$U = 1,2DL + 1,6LL$$

U : Beban ultimate pelat

DL : Beban matipelat

LL : Beban hidup pelat

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } U &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= 1,2(371\text{kg/m}^2) + 1,6(100\text{kg/m}^2) \\ &= 605,2 \text{ kg /m}^2 \end{aligned}$$

- **Pelat lantai tipe – F (As – E-F-9-13)**

Data perencanaan

Mutu beton (f_c') : 25 Mpa

Mutu baja I (f_y) : 400 Mpa

Tebal pelat : 12 cm

Selimut beton : 20mm

φtulangan utama (D_u) = 10mm

φtulangan susut (D_s) = 8mm

β : 0,85

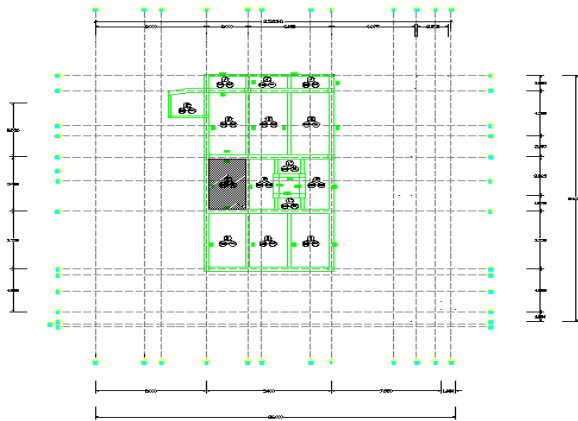
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.3)

bentang pelat sumbu panjang (L_y) = 540 cm

bentang pelat sumbu pendek (L_x) = 300 cm

faktor reduksi (ϕ) = 0,8

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2)



Gambar 4. 29 Denah Pelat Lantai tipe F yang ditinjau

- Rasio bentang sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{545}{300} = 1,8 \leq 2 \quad (\text{pelat dua arah})$$

- Perhitungan momen pada pelat menggunakan tabel 13.3.1 PBT 1971 , Dengan :

Momen	X	Keterangan
Mlx	40	Momen lapangan arah X (X_lx)
Mly	13	Momen lapangan arah Y (X_ly)
Mtx	82	Momen tumpuan arah X (X_tx)
Mty	57	Momen tumpuan arah X (X_ty)

Sehingga :

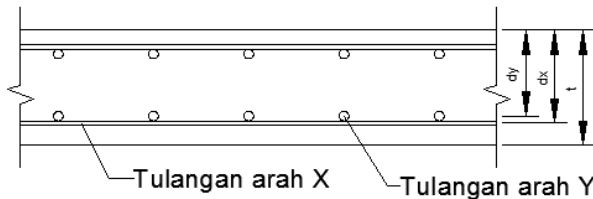
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times q \times l x^2 \times X l x \\ &= 0,001 \times 605,2 \text{ kg/m}^2 \times (3 \text{ m})^2 \times 40 \\ &= 217,872 \text{ kg.m} \\ &= 2178720 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \times q \times l x^2 \times X l y \\ &= 0,001 \times 605,2 \text{ kg/m}^2 \times (3 \text{ m})^2 \times 13 \\ &= 70,8084 \text{ kg.m} \\ &= 708084 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= -0,001 \times q \times l_x^2 \times X_{tx} \\
 &= -0,001 \times 605,2 \text{ kg/m}^2 \times (3 \text{ m})^2 \times 82 \\
 &= -446,6376 \text{ kg.m} \\
 &= -4466376 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= -0,001 \times q \times l_y^2 \times X_{ty} \\
 &= -0,001 \times 605,2 \text{ kg/m}^2 \times (3 \text{ m})^2 \times 57 \\
 &= -310,4676 \text{ kg.m} \\
 &= -3104676 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- Tinggi efektif



Gambar 4. 30 Asumsi tinggi manfaat pelat (dx, dy)

$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= t - \text{decking} - \phi_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm} \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tulangan minimum dan maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,02709
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,02709 \\
 &= 0,02032 \\
 &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3}) \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 25} \\
 &= 18,8235
 \end{aligned}$$

➤ **Penulangan lapangan arah X**

$$\begin{aligned}
 - M_{lx} &= 2178720 \text{ Nmm} \\
 - M_n &= \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{32178720 \text{ Nmm}}{0,8} = 2723400 \text{ Nmm} \\
 &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3}) \\
 - R_n &= \frac{M_n}{bd^2} = \frac{2723400 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,301762
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{18,8235} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8235 \times 0,30176}{400}} \right] \\
 &= 0,00076
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}
 -\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \\
 0,0035 > 0,00076 < 0,02032 \quad (\text{tidak memenuhi}),
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 digunakan :

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,00076 = 0,00098779$$

- Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0,00098779 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm} \\
 &= 93,84004 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

-Direncanakan tulangan pelat ϕ 10 mm ,maka jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{93,84004 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 836,5299 \text{ mm}$$

-Kontrol jarak spasi tulangan

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$S_{\max} \leq 2 \cdot h$$

$$\leq 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

$$S_{\text{perlu}} = 836,5299 \text{ mm} > S_{\max} = 240 \text{ mm}$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} -A_s_{\text{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

➤ Penulangan lapangan arah Y

$$-M_{ly} = 708084 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} -M_n &= \frac{M_{ly}}{\phi} = \frac{708084 \text{ Nmm}}{0,8} = 885105 \text{ Nmm} \\ &\text{(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)} \end{aligned}$$

$$-R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{885105 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,122506$$

$$\begin{aligned} -\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,8235} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8235 \times 0,122506}{400}} \right] \\ &= 0,000307 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$-\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,000307 < 0,02032 \quad \text{(tidak memenuhi),}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 digunakan :

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,000307 = 0,000399298$$

- Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,000399298 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm}$$

$$= 33,94037 \text{ mm}^2$$

-Direncanakan tulangan pelat \emptyset 10 mm ,maka jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{33,94037 \text{ mm}^2}$$

$$= 2312,88 \text{ mm}$$

-Kontrol jarak spasi tulangan

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$S_{\text{max}} \leq 2 \cdot h$$

$$\leq 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

$$S_{\text{perlu}} = 2312,88 \text{ mm} > S_{\text{max}} = 240 \text{ mm}$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan \emptyset 10 – 200 mm

$$-A_s_{\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 392,7 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} \text{ (Ok)}$$

➤ Penulangan tumpuan arah X

$$- M_{lx} = 4466376 \text{ Nmm}$$

$$- M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{4466376 \text{ Nmm}}{0,8} = 5582970 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$- R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{5582970 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,618612$$

$$-\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot x \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{18,8235} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot x \cdot 18,8235 \cdot 0,618612}{400}} \right]$$

$$= 0,00157$$

Cek persyaratan :

$$-\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$0,0035 > 0,00157 < 0,02032$ (tidak memenuhi),

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 digunakan :

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,00157 = 0,002040636$$

- Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,002040636 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm} \\ &= 193,8604 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

-Direncanakan tulangan pelat \emptyset 10 mm ,maka jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{193,8604 \text{ mm}^2} \\ &= 404,9306 \text{ mm} \end{aligned}$$

-Kontrol jarak spasi tulangan

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \\ S_{\text{perlu}} &= 404,9306 \text{ mm} > S_{\text{max}} = 240 \text{ mm} \\ &\rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} -A_s_{\text{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

➤ Penulangan tumpuan arah Y

$$\begin{aligned} -M_{ly} &= 3104676 \text{ Nmm} \\ -M_n &= \frac{M_{ly}}{\phi} = \frac{3104676 \text{ Nmm}}{0,8} = 3880845 \text{ Nmm} \\ &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3}) \end{aligned}$$

$$-R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{3880845 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,537141$$

$$-\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{18,8235} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8235 \times 0,53714}{400}} \right]$$

$$= 0,00136$$

Cek persyaratan :

$$-\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,00136 < 0,02032 \quad (\text{tidak memenuhi}),$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 digunakan :

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,00136 = 0,001768348$$

- Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,001768348 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm} \\ &= 150,3096 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

-Direncanakan tulangan pelat \emptyset 10 mm ,maka jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{150,3096 \text{ mm}^2} \\ &= 522,2554 \text{ mm} \end{aligned}$$

-Kontrol jarak spasi tulangan

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{perlu}} = 522,2554 \text{ mm} > S_{\max} = 240 \text{ mm}$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan \emptyset 10 – 200 mm

$$-A_s_{\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 392,7 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} \text{ (Ok)}$$

4.3.2.3 Tulangan susut dan suhu

Berdasarkan SNI 03-2847 pasal 9.12.2.1 menyatakan bahwa tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebesar 0,002 untuk pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 .

$$\begin{aligned} A_s &= 0,002 \cdot b \cdot h \\ &= 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 240 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{240 \text{ mm}^2} \\ &= 209,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 5h \text{ atau } \leq 450 \text{ mm} \\ &\leq 5 \cdot 120 \text{ mm} \\ &\leq 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= 209,33 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm} \\ &\rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan Ø10 – 200 mm

$$\begin{aligned} -A_s_{\text{pasang}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 251,2 \text{ mm}^2 > A_s_{\text{perlu}} \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

❖ Dari hasil penulangan pelat lantai dan pelat atap diatas, maka dapat disimpulkan hasil penulangannya sebagai berikut :

❖ Pelat lantai

○ **Tulangan utama**

Tumpuan arah X : Ø10 – 150 mm

Tumpuan arah Y : Ø10 – 150 mm

Lapangan arah X : Ø10 – 150 mm

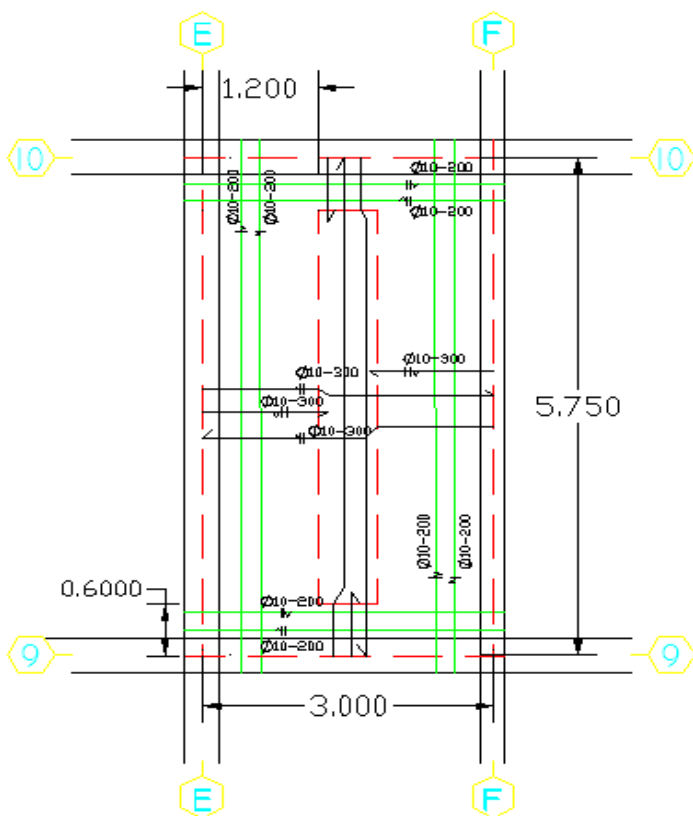
Lapangan arah Y : Ø10 – 150 mm

○ **Tulangan susut**

Tumpuan arah X : Ø10 – 200 mm

Tumpuan arah Y : Ø10 – 200 mm

- Lebar lajur pemasangan tulangan pelat lantai ,diukur dari muka bagian dalam balok-balok penumpu kearah lapangan pelat masing-masing sebesar $0,22 l_n$
 - Kearnah bentang panjang
 $= 0,22 (575-20-20)$
 $= 117,7\text{cm} \approx 120 \text{ cm}$
 - Kearnah bentang pendek
 $= 0,22 (300-17,5-12,5)$
 $= 59,4\text{cm} \approx 60 \text{ cm}$



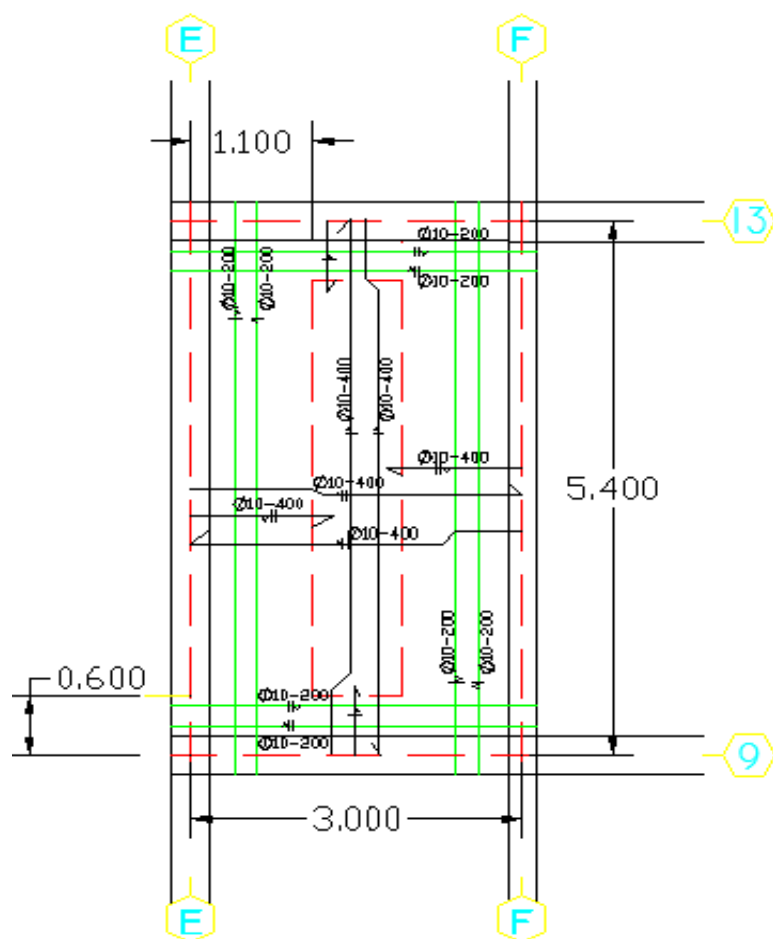
Gambar 4.31 Detail penulangan pelat lantai

❖ Pelat Atap

○ **Tulangan utama**Tumpuan arah X : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$ Tumpuan arah Y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$ Lapangan arah X : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$ Lapangan arah Y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$ ○ **Tulangan susut**Tumpuan arah X : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$ Tumpuan arah Y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

- Lebar lajur pemasangan tulangan pelat lantai ,diukur dari muka bagian dalam balok-balok penumpu kearah lapangan pelat masing-masing sebesar $0,22 l_n$

- Kearn bentang panjang
 $= 0,22 (540-20-20)$
 $= 110\text{cm} \approx 1,1\text{m}$
- Kearn bentang pendek
 $= 0,22 (300-17,5-12,5)$
 $= 59,4\text{cm} \approx 60 \text{ cm} \approx 0,6\text{m}$



Gambar 4.32 Detail penulangan pelat atap

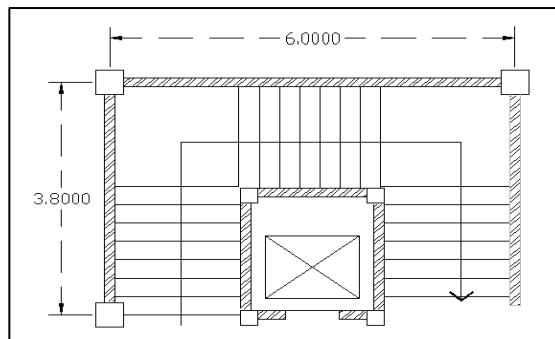
4.4 Perhitungan Tangga

Tangga merupakan bagian dari elemen konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai satu dengan lantai yang lain. Perencanaan tangga dihitung dalam satu perhitungan karena elevasi tiap lantai mempunyai ketinggian dan ukuran yang sama.

4.4.1 Perencanaan Dimensi Tangga

Dimensi awal tangga direncanakan sebagai berikut :

Ketinggian tiap lantai (h)	= 455 cm
Elevasi lantai bordes	= 227,5 cm
Tebal rencana pelat tangga	= 15 cm
Tebal rencana pelat bordes	= 15 cm
Lebar injakan (i)	= 30 cm
Tinggi tanjakan (t)	= 17 cm



Gambar 4.33 Denah Tangga

- sudut kemiringan tangga

$$\begin{aligned}\alpha &= \arctan \frac{t}{i} \\ &= \arctan \frac{17}{30} \\ &= 29,5^\circ \approx 30^\circ\end{aligned}$$

- syarat sudut kemiringan tangga

$$\begin{aligned}25^\circ &\leq \alpha \leq 40^\circ \\ 25^\circ &\leq 30^\circ \leq 40^\circ \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

- syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan

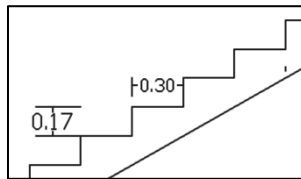
$$\begin{aligned}
 60 \text{ cm} &\leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \\
 60 \text{ cm} &\leq (2 \cdot 17 \text{ cm}) + 30 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \\
 60 \text{ cm} &\leq 64 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- jumlah tanjakan

$$\begin{aligned}
 nt &= \frac{\text{tinggi pelat anak tangga}}{t} \\
 &= \frac{455 \text{ cm}}{17 \text{ cm}} \\
 &= 15 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- jumlah injakan

$$\begin{aligned}
 ni &= nt - 1 \\
 &= 15 - 1 \\
 &= 14 \text{ buah}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.34 Gambar Detail Tangga

- tebal efektif pelat anak tangga

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_1 &= \frac{1}{2} \cdot i \cdot t \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ cm} \cdot 17 \text{ cm} \\
 &= 255 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_2 &= \frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt{i^2 + t^2} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt{30 \text{ cm}^2 + 17 \text{ cm}^2} \right) \\
 &= 0.17 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$D = \frac{\text{Luas } \Delta_1}{\text{Luas } \Delta_2}$$

$$= \frac{255}{16,77}$$

$$= 0.15$$

$$\begin{aligned} \text{tebal efektif pelat tangga} &= 0,5 \times 15 \text{ cm} + 15 \text{ cm} \\ &= 22,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dihasilkan tebal pelat tangga 22,4 cm dan tebal bordes tangga 15 cm.

4.4.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

Pembebanan beban yang ada pada komponen struktur tangga disesuaikan dengan *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)*. Dan karena komponen struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL). Dalam hal ini, perhitungan beban-beban tangga dibagi atas pembebanan pada anak tangga dan pembebanan pada bordes.

a. Pembebanan Anak Tangga

- Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,224 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 527,48 \text{ kg/m}^2 \\ &\text{(sudah dimodelkan di SAP 2000)} \end{aligned}$$

$$\text{Berat railing tangga} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi 1 cm} = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat keramik 1 cm} = \underline{24 \text{ kg/m}^2 +}$$

$$q_{DL} = 592,48 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Hidup

$$\text{Berat hidup tangga} \quad q_{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$$

b. Pembebanan Bordes

- Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,15 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2 \\ &\text{(sudah dimodelkan di SAP 2000)} \end{aligned}$$

$$\text{Berat spesi 1 cm} = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat keramik 1 cm} = \underline{24 \text{ kg/m}^2 +}$$

- Beban Hidup	q_{DL}	$= 405 \text{ kg/m}^2$
Berat hidup bordes	q_{LL}	$= 300 \text{ kg/m}^2$

4.4.3 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data Perencanaan :

Mutu beton (f_c') $= 25 \text{ MPa}$

Mutu baja (f_y) $= 240 \text{ MPa}$

Tebal pelat (t) $= 224 \text{ mm}$

\emptyset tulangan lentur $= 13 \text{ mm}$

\emptyset tulangan susut $= 10 \text{ mm}$

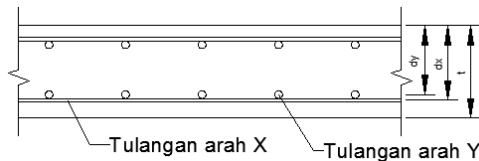
decking $= 20 \text{ mm}$

β $= 0,85$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.3)

faktor reduksi (ϕ) $= 0,8$

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2)



Gambar 4.35 Potongan Pelat Tangga

$$\begin{aligned}
 d_y &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \text{tulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\
 &= 123,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{decking} - \emptyset \text{tulangan} - \frac{1}{2} \emptyset \text{tulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\
 &= 110,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,0537$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$= 0,75 \cdot 0,0537$$

$$= 0,0403$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{240}{0,85 \cdot 25}$$

$$= 11,29$$

Penulangan Arah X

$$M_{11} = 5.979.300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{5.979.300 \text{ Nmm}}{0,8} = 7.246.625 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{7.246.625 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (123,5 \text{ mm})^2} = 0,48$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{11,29} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,48}{240}} \right]$$

$$= 0,002$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0058 < 0,002 < 0,0403 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Maka dinaikan 30%

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,002 = 0,002 < \rho_{\text{min}} \text{ dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm} \\
 &= 720,417 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq 2 \cdot h \\
 &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\
 &\leq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Dipakai tulangan \emptyset 13, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{720,417 \text{ mm}^2} \\
 &= 184,150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 184,15 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 300 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

- Tulangan yang dipakai \emptyset 13 - 150 mm

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 884,433 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 720,417 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Dipasang Tulangan \emptyset 13 - 150 mm

▪ **Tulangan Susut**

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.1)

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{susut}=0,002$.

$$\begin{aligned} A_{s_{susut}} &= \rho_{susut} \cdot b \cdot \text{tebal pelat} \\ &= 0,002 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{max} \leq 5h \text{ atau } S_{max} \leq 450 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.(2))

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{susut}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{300 \text{ mm}^2} \\ &= 261,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 261,67 \text{ mm} < S_{max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 250 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø 10 - 250 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{250 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$= 314 \text{ mm}^2 > A_{s_{susut}} = 300 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Dipakai tulangan susut Ø 10 - 250 mm

- Penulangan Arah Y

$$M_{22} = 4.392.700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{\phi} = \frac{4.392.700 \text{ Nmm}}{0,8} = 5.490.875 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{5.490.875 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (110,5 \text{ mm})^2} = 0,449$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{11,29} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,449}{240}} \right] \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,001 < 0,0403 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Maka dinaikan 30%

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,002 = 0,002 < \rho_{\min} \text{ dipakai } \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 110,5 \text{ mm} \\ &= 644,583 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

▪ Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

▪ Dipakai tulangan Ø 13, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{perlu}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{644,83 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 205,815 \text{ mm}$$

$$S = 207,1 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

- Tulangan yang dipakai $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\
 &= 663,325 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 644,583 \text{ mm}^2 \\
 &\quad \text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dipakai Tulangan $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

- Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.1)

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai $\rho_{\text{susut}} = 0,002$.

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \cdot b \cdot \text{tebal pelat} \\
 &= 0,002 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} \\
 &= 300 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.(2))

$$S_{\max} = 5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 10$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{susut}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{300 \text{ mm}^2} \\
 &= 261,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 261,67 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai \emptyset 10 - 250 mm

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{250 \text{ mm}^2} \\
 &= 314 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{susut}}} = 300 \text{ mm}^2 \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

4.4.4 Perhitungan Balok Bordes

Perhitungan tulangan balok bordes: **BB (25/40)** As D (5-6) elevasi +1,36. Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

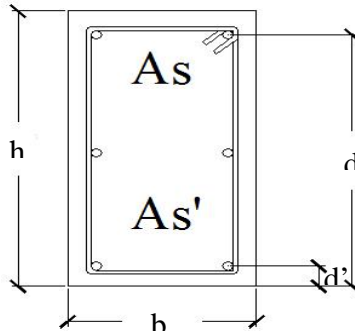
- Data-data perencanaan tulangan balok :

Tipe balok	: BB (25/40)
As balok	: D (5-6)
Bentang balok (L balok)	: 4000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 250 mm
Dimensi balok (h balok)	: 400 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 25 MPa

Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 22 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 10 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	: 13 mm
Cot θ^2	: 1
Jarak spasi tulangan sejajar	: 25 mm
<i>(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1)</i>	
Jarak spasi tulangan antar lapis	: 25 mm
<i>(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.2)</i>	
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
<i>(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)</i>	
Faktor β_1	: 0,85
<i>(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3))</i>	
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,8
<i>(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1))</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	: 0,75
<i>(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))</i>	
Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ)	: 0,75
<i>(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))</i>	

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm}) \\
 &= 339 \text{ mm} \\
 d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm}) \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.36 Tinggi Efektif Balok

Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi Beban Gravitasi :

- Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.
 $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$

Kombinasi Beban Gempa :

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.

$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ EX} + 0,3 \text{ EY} \text{ dan} \\ 0,9 \text{ DL} + 1,0 \text{ EX} + 0,3 \text{ EY}$$

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y

$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ EX} + 1,0 \text{ EY} \text{ dan}$$

$$0,9 \text{ DL} + 0,3 \text{ EX} + 1 \text{ EY}$$

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X.

$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 1,0 \text{ EX} - 0,3 \text{ EY} \text{ dan}$$

$$0,9 \text{ DL} - 1,0 \text{ EX} - 0,3 \text{ EY}$$

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y

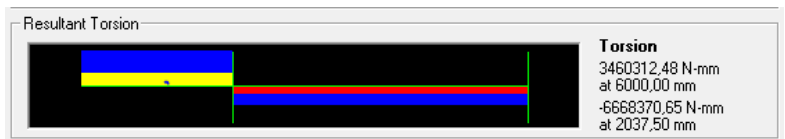
$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 0,3 \text{ EX} - 1,0 \text{ EY} \text{ dan}$$

$$0,9 \text{ DL} - 0,3 \text{ EX} - 1 \text{ EY}$$

Untuk perhitungan tulangan torsi, lentur, dan geser pada balok maka diambil momen yang terbesar dari lima kombinasi pembebanan di atas.

Hasil Output Diagram Torsi

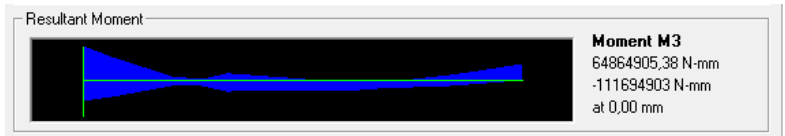
Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0EX + 0,3EY



Momen puntir : 6.668.370,65 N.mm

Hasil Output Diagram Momen Lentur

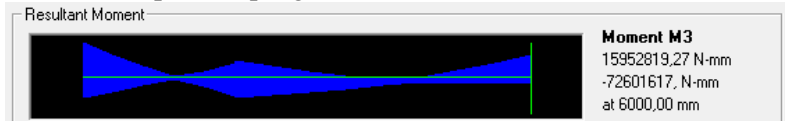
Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EX + 1,0EY



Momen Tumpuan Kiri : 111.694.903 N.mm



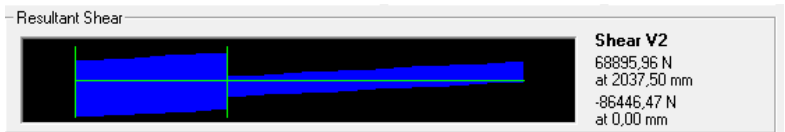
Momen Tumpuan Lapangan : 47.649.280,25 N.mm



Momen Tumpuan Kanan : 72.601.617 N.mm

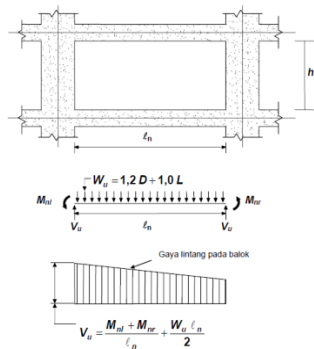
Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 0,9DL + 0,3EX + 1,0EY, dari analisa SAP2000 didapatkan :



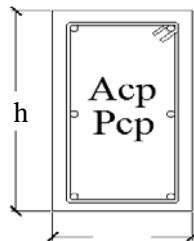
Gaya geser terfaktor $V_u = 68.895,96 \text{ N}$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10 mengenai Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)



Gambar 4.37 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok pada SRPMM

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir
 Ukuran penampang balok yang dipakai = 25/40



Gambar 4.73 Luasan \$A_{cp}\$ dan \$P_{cp}\$

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{\text{balok}} \cdot h_{\text{balok}} \\ &= 250 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} \\ &= 100.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton \$A_{cp}\$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \cdot (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\ &= 2 \cdot (250 \text{ mm} + 400 \text{ mm}) \\ &= 1.300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2.t_{decking} - \emptyset_{geser}) \cdot (h_{balok} - 2.t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\
 &= (250 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \cdot (400 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) \\
 &= 160 \text{ mm} \times 310 \text{ mm} \\
 &= 49.600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \cdot [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \emptyset_{geser})] \\
 &= 2 \cdot [(250 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm}) + (400 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm}) - 10 \text{ mm})] \\
 &= 2 \cdot [160 \text{ mm} + 310 \text{ mm}] \\
 &= 2 \cdot 470 \text{ mm} \\
 &= 940 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.4.4.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada SAP diperoleh momen puntir terbesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0EX + 0,3EY

$$T_u = 6.668.370,65 \text{ N.mm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 &= \frac{6.668.370,65 \text{ Nmm}}{0.75} \\
 &= 8.891.160,87 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Geser Ultimate

Akibat kombinasi 0,9 DL + 0,3EX + 1,0EY

$$V_u = 68.895,96 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} (A_{cp}^2)}{12 (P_{cp})} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.1(a))} \\
 &= \frac{0.75 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(100.000 \text{ mm})^2}{1.300 \text{ mm}} \right)}{12} \\
 &= 2.403.846,154 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} (A_{cp}^2)}{3 (P_{cp})} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.2.2(a))} \\
 &= \frac{0.75 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(100.000 \text{ mm})^2}{1.300 \text{ mm}} \right)}{3} \\
 &= 9.615.384,615 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

$T_u < T_{u_{\min}}$ maka tulangan puntir diabaikan.

$T_u > T_{u_{\min}}$ maka memerlukan tulangan puntir.

$T_u = 6.668.370,65 \text{ Nmm} > T_{u_{\min}} = 2.403.846,154 \text{ Nmm}$
(memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\begin{aligned}
 \sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)^2} &\leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d}{b \cdot d} + \left(\frac{2 \cdot \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(1).a)}
 \end{aligned}$$

$$\sqrt{\left(\frac{68.895,96 \text{ N}}{250\text{mm} \cdot 339\text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{.668.370,65 \text{ Nmm} \cdot 940\text{mm}}{1,7 \cdot (49.600\text{mm}^2)^2}\right)^2} \leq$$

$$0.75 \left(\frac{\frac{1}{6}\sqrt{25} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 339\text{mm}}{300\text{mm} \cdot 339\text{mm}} + \left(\frac{2 \cdot \sqrt{25}}{3} \right) \right)$$

$$1,705 \leq 3,030 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Kontrol jarak tulangan geser akibat puntir :

Jarak tulangan sengkang tertutup yang diperlukan dalam menahan momen puntir dapat diperoleh dari rumus :

$$A_{vt} = A_v + 2A_t = \frac{75\sqrt{f_c'} }{1200} \cdot \frac{bw \cdot s}{f_{yv}}$$

Namun A_{vt} tidak boleh kurang dari $\frac{1}{3} \cdot \frac{bw \cdot s}{f_{yv}}$

Dengan S adalah spasi tulangan geser

(direncanakan $S = 120 \text{ mm}$)

$$A_{vt} = \frac{75\sqrt{f_c'} }{1200} \cdot \frac{bw \cdot s}{f_{yv}} > \frac{1}{3} \cdot \frac{bw \cdot s}{f_{yv}}$$

$$= \frac{75\sqrt{25}}{1200} \cdot \frac{250 \cdot 120}{240} > \frac{1}{3} \cdot \frac{250 \cdot 120}{240}$$

$$= 39,0625 > 41,667$$

Mencari S_{aktual}

$$= \frac{A_{vt} \cdot 3 \cdot f_{yv}}{bw} < S_{\text{aktual}}$$

$$= \frac{39,0625 \cdot 3 \cdot 240}{250} < 120$$

$$= 112,5 \text{ mm} < 120$$

Maka dipakai $S = 100 \text{ mm}$

Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(7))

Dengan $\frac{A_t}{s}$ dihitung dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yv}}{s} \cdot \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(6))

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \cdot A_{oh} \\ &= 0,85 \cdot 49.600 \text{ mm}^2 \\ &= 42.160 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{8.891.160,87 \text{ Nmm}}{2 \cdot 42.160 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \cdot \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0,43 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_l &= \left(\frac{A_t}{s} \right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{F_{yv}}{F_y} \right) \cdot \cot^2 45 \\ &= 0,43 \text{ mm} \cdot 940 \text{ mm} \cdot \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot 1 \\ &= 247,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 A_{l \min} &= \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}}\right) \\
 &\quad (SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.5.(3)) \\
 &= \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 \cdot f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}}\right) \\
 &= \frac{5\sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 100000 \text{ mm}^2}{12 \cdot 400 \text{ N/mm}^2} - \\
 &\quad \left(\frac{0,43 \text{ mm} \cdot 940 \text{ mm} \cdot 240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}\right) \\
 &= 273,03
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \min} \quad \text{maka gunakan } A_{l \min}$$

$$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \min} \quad \text{maka gunakan } A_{l \text{ perlu}}$$

$$A_{l \text{ perlu}} = 247,79 \text{ mm}^2 \leq A_{l \min} = 273,03 \text{ mm}^2 \text{ mm}^2, \\ \text{maka gunakan } A_{l \min}$$

Maka dipakai tulangan puntir minimum sebesar 273,03 mm²

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{A_l}{4} = \frac{273,03 \text{ mm}^2}{4} = 68,259 \text{ mm}^2$$

Sehingga luasan tambahan puntir longitudinal untuk tulangan lentur :

$$\frac{A_l}{4} = 68,259 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu puntir longitudinal sisi samping balok (web) :

$$A_{s_{perlu}} = 2 \cdot \frac{A_l}{4} = 2 \cdot 68,259 \text{ mm}^2 = 136,518 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir :

$$\begin{aligned} \text{Luas } \emptyset 13 &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi (13\text{mm})^2 \\ &= 132,732 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web)

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{A_{s_{perlu}}}{\text{Luasan } D_{puntir}}$$

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{136,518 \text{ mm}^2}{132,732 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = 1,21 \text{ buah} \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan puntir 42Ø 13

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} \text{ puntir} &= n_{pasang} \cdot \text{luasan } \emptyset \text{ puntir} \\ &= 2 \cdot 132,732 \text{ mm}^2 \\ &= 265,464 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 265,464 \text{ mm}^2 \geq A_{s \text{ perlu}} = 136,518 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 2 Ø 13

4.4.4.2 Perhitungan Penulangan Lentur

Garis netral dalam kondisi balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$= \frac{600}{600+400} \cdot 339 \text{ mm}$$

$$= 203,4 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.2)

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 203,4 \text{ mm} \\ &= 152,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm} \\ &= 451.562,50 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 1128,914 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 1128,914 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \\
 &\quad \left(339 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 133.888.281,25 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

• Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 111.694.903 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_{u \text{ tumpuan}}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{111.694.903 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$M_n = 139.618.628,75 \text{ N.mm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} \geq 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 139.618.628,75 \text{ Nmm} - 133.888.281,25 \text{ Nmm} \\
 &= 5.730.347,50 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$M_{ns} = 5.730.347,50 \text{ N.mm} \geq 0$$

(perlu tulangan lentur rangkap)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur rangkap.

-Perencanaan Tulangan Lentur Rangkap

$$C_{s'} = T_2 = \frac{M_{ns_{\text{tumpuan}}}}{d - d'}$$

$$T_2 = \frac{5.730.347,50 \text{ N.mm}}{339 - 61}$$

$$T_2 = 20.612,76 \text{ N}$$

Cek Kondisi Tulangan Lentur Tekan

$$f_{s'} = \left(1 - \frac{d'}{x}\right) \times 600$$

$$f_{s'} = \left(1 - \frac{61}{100}\right) \times 600$$

$$f_{s'} = 234 \text{ MPa}$$

Syarat :

$$f_{s'} \geq f_y \rightarrow \text{leleh, maka } f_{s'} = f_y$$

$$f_{s'} < f_y \rightarrow \text{tidak leleh } f_{s'} = f_{s'}$$

$$f_{s'} < f_y$$

$$234 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa} \rightarrow \text{tidak leleh,}$$

maka $f_{s'} = 234 \text{ Mpa}$

Luasan tulangan tekan perlu

$$As' = \frac{Cs'}{(fs' - 0,85 \times fc')}$$

$$As' = \frac{20.612,76 \text{ N}}{(234 - 0,85 \times 25)}$$

$$As' = 96,89 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan tarik tambahan

$$Ass = \frac{T_2}{fy}$$

$$Ass = \frac{20.612,76}{400}$$

$$Ass = 51,53 \text{ mm}^2$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$As = Asc + Ass + Al/4$$

$$As = 1128,914 \text{ mm}^2 + 51,53 \text{ mm}^2 + 68,25913 \text{ mm}^2$$

$$As = 1248,70 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan pakai}}$$

$$n = \frac{1248,70 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (22)^2}$$

$$n = 3,28 \text{ buah} \sim \text{dipakai 4 Buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 4 \times 380,13 \\
 &= 1520,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\
 1520,5 \text{ mm}^2 &> 1248,70 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Tekan

$$\text{As}' = 96,89 \text{ mm}^2$$

Luasan Tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \text{As}' + A_l/4 \\
 &= 96,89 \text{ mm}^2 + 68,25913 \text{ mm}^2 \\
 &= 167,149 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As}' \text{ perlu}}{\text{As tulangan pakai}} \\
 &= \frac{167,149 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times (22)^2}
 \end{aligned}$$

$$n = 0,43 \text{ buah} \sim \text{dipakai 2 Buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 2 \times 379,94 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As' pasang > As' perlu

$$759,88 \text{ mm}^2 > 96,89 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

***Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 4D22
dan tulangan tekan 1 lapis 2D22***

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 22)}{4 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 20,6 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$20,6 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 22)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 256 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$116 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan tarik belum terpenuhi ($S_{max} \geq 25\text{mm}$) , maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 22)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 106 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BB (25/40) untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis
Lapis 1 = 2D22
Lapis 2 = 2D22

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

M lentur tumpuan (+)

$$\geq \frac{1}{3} \times \text{M lentur tumpuan } (-)$$

[SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= 4 \text{ D22} \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 1520,530 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= 2 \text{ D22} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+)

$$\geq \frac{1}{3} \times \text{M lentur tumpuan } (-)$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1520,530 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 506,84 \text{ mm}^2 \text{ (**memenuhi**)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 4 D22

Tulangan tekan = 2 D22

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 4 D22} = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2 D22} = 760,27 \text{ mm}^2$$

$$a = \left(\frac{(\text{As pakai tul tarik} \times f_y) - (\text{As' pakai tul tekan} \times f_s')}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$a = \left(\frac{(1520,53 \times 400) - (760,27 \times 234)}{0,85 \times 25 \times 400} \right)$$

$$a = 81 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 81 \\ &= 430.310,23 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= \text{As' pasang} \times f_s' \\ &= 760,27 \times 234 \\ &= 177.902,11 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 430.310,23 \times \left(339 - \frac{81}{2} \right) \\ &\quad + 177.902,11 \times (339 - 61) \\ &= 177.904.481,56 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\phi M_{n\text{pasang}} > M_u$$

$$0,8 \times 177.904.481,56 \text{ N.mm} > 111.694.903 \text{ N.mm}$$

$$142.323.585,2 \text{ N.mm} > 111.694.903 \text{ N.mm}$$

(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok BB(25/40) As D(5-7) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 4D22 dan tulangan tekan 2D22 dengan susunan sebagai berikut :

- **Tulangan tarik 1 lapis**
Lapis 1 : 2D22
Lapis 2 : 2D22
- **Tulangan Tekan 1 Lapis**
Lapis 1 : 2D22

• Daerah Lapangan

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \\ &= \frac{600}{600 + 400} \cdot 339 \text{ mm} \\ &= 203,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.2)

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 203,4 \text{ mm} \\ &= 152,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 100 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{rencana} \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm} \\ &= 451.562,50 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{rencana}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 1128,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{rencana}}{2} \right) \\ &= 1128,91 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(339 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 133.888.281,25 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$\begin{aligned} &1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y \\ \mu_{lapangan} &= 47.649.280,25 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{\mu_{lapangan}}{\phi} \\ &= \frac{47.649.280,25 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,80} \\ M_n &= 59.561.600,31 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 59.561.600,31 \text{ Nmm} - 133.888.281,25 \text{ Nmm} \\ &= -74.326.680,94 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$M_{ns} = -74.326.680,94 \text{ N.mm} < 0$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

➤ **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{59.561.600,31 \text{ N.mm}}{250 \text{ mm} \cdot (339 \text{ mm})^2} \\ &= 2,07 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0271 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0271 \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\
 &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
 &= 18,823
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 2,07 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,005
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,005 < 0,0203 \quad (\text{maka pakai } \rho_{\text{perlu}})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,005 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 339 \text{ mm} \\
 &= 463,0571 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 380,13 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur + luasan tambahan puntir longitudinal :

Jumlah tulangan pasang :

- Luasan tulangan perlu lentur tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (bottom) :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\
 &= 463,0571 \text{ mm}^2 + 68,25913 \text{ mm}^2 \\
 &= 531,316 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tarik (bottom)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ tulangan lentur}} = \frac{531,316}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$= 1,39 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}$$

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\ &= 2 \cdot 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$As \text{ pasang} = 760,26 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 470,991 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

- Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (top) :

$$\begin{aligned} As' \text{ perlu} &= As' + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 + 68,25913 \text{ mm}^2 \\ &= 68,25913 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tekan (top)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{Luas \text{ tulangan lentur}} = \frac{68,25913 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,18 \approx \mathbf{2 \text{ buah}}$$

$$\begin{aligned} As' \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\ &= 2 \cdot 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$As' \text{ pasang} = 760,26 \text{ mm}^2 > As' \text{ perlu} = 68,25913 \text{ mm}^2 \text{ (**memenuhi**)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \cdot D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 106 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 106 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad (1 \text{ lapis})$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times t_{decking}) - (2 \times \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 106 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 106 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad (1 \text{ lapis})$$

Maka dipasang tulangan lentur balok bordes BB (25/40) untuk daerah lapangan :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= 2 \text{ D22} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= 2 \text{ D22} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 760,26 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \cdot 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$760,26 \text{ mm}^2 \geq 253,42 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

$$\text{Tulangan tarik} = 2 \text{ D22}$$

$$\text{Tulangan tekan} = 2 \text{ D22}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik} \quad 2 \text{ D22} = 760,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} \quad 2 \text{ D22} = 760,26 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(As \cdot f_y)}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)}$$

$$= \frac{(760,26 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2)}{(0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm})}$$

$$= 57,24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot d - \left(\frac{a}{2}\right) \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 57,24 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} \cdot \\ &\quad \left(339 \text{ mm} - \left(\frac{57,24 \text{ mm}}{2}\right)\right) \\ &= 94.387.168 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\phi M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \times 94.387.168 \text{ N.mm} > 38.374.300 \text{ N.mm}$$

$$75.509.734,4 \text{ N.mm} > 38.374.300 \text{ N.mm}$$

(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok bordes B3 (30/40) As D (5-6) pada daerah lapangan dipakai tulangan tarik 2D19 dan tulangan tekan 2D19 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 1 lapis

Lapis 1 : 2D22
- Tulangan Tekan 1 Lapis
 Lapis 1 : 2D22

- **Daerah Tumpuan Kanan**

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \\ &= \frac{600}{600 + 400} \cdot 339 \text{ mm} \\ &= 203,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.2)

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 203,4 \text{ mm} \\ &= 152,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm} \\ &= 451.562,50 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{rencana}}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 1128,91 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 1128,91 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(339 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 133.888.281,25 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$\begin{aligned}
 &1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y \\
 M_{u \text{ lapangan}} &= 72.601.617 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{u \text{ lapangan}}}{\phi} \\
 M_n &= \frac{72.601.617 \text{ N.mm}}{0,80} \\
 M_n &= 90.752,021 \text{ N.mm} \\
 &\underline{\text{Cek momen nominal tulangan lentur rangkap}}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 90.752,021 \text{ Nmm} - 133.888.281,25 \text{ Nmm} \\
 &= -43.136.260 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$M_{ns} = 43.136.260 \text{ N.mm} < 0$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

➤ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{90.752,021 \text{ N.mm}}{250 \text{ mm} \cdot (339 \text{ mm})^2} \\
 &= 3,1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{F_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 0,0271
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0271 \\
 &= 0,02
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
 &= 18,823
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 3,1 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,008
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,008 < 0,0203 \quad (\text{maka pakai } \rho_{\text{perlu}})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,008 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 339 \text{ mm} \\
 &= 728,1421 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 380,13 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur + luasan tambahan puntir longitudinal :

Jumlah tulangan pasang :

- Luasan tulangan perlu lentur tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (bottom) :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\
 &= 728,1421 \text{ mm}^2 + 68,25913 \text{ mm}^2 \\
 &= 796,401 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tarik (bottom)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{796,401 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} \\
 &= 2,09 \text{ buah} \approx \mathbf{3 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ pasang} = n \cdot \text{luas tulangan lentur}$$

$$= 3 \cdot 380,13 \text{ mm}^2$$

$$= 1140,39 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 1140,39 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 796,401 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (top) :

$$\text{As' perlu} = \text{As'} + \frac{A_l}{4}$$

$$= 0 + 68,25913 \text{ mm}^2$$

$$= 68,25913 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang lentur tekan (top)

$$n = \frac{\text{As' perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{68,25913 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,18 \approx \mathbf{2 \text{ buah}}$$

$$\text{As' pasang} = n \cdot \text{luas tulangan lentur}$$

$$= 2 \cdot 380,13 \text{ mm}^2$$

$$= 760,26 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$\text{As' pasang} = 760,26 \text{ mm}^2 > \text{As' perlu} = 68,25913 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 3D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- **Kontrol Tulangan Tarik**

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \cdot D_{lentur})}{jumlah \text{ tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (3 \cdot 22 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$S_{maks} = 42 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 42 \text{ mm} \geq S_{syarat \text{ agregat}} = 25 \text{ mm} \quad (1 \text{ lapis})$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \cdot D_{lentur})}{jumlah \text{ tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 106 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 106 \text{ mm} \geq S_{syarat \text{ agregat}} = 25 \text{ mm} \quad (1 \text{ lapis})$$

Maka dipasang tulangan lentur balok bordes BB (25/40) untuk daerah lapangan :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 = 3D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= 3 \text{ D22} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= 2 \text{ D22} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 760,26 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \cdot 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$760,26 \text{ mm}^2 \geq 253,42 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &= 2 \text{ D22} \\ \text{Tulangan tekan} &= 2 \text{ D22} \end{aligned}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik} & 3 \text{ D22} = 1140,39 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan} & 2 \text{ D22} = 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(A_s \cdot f_y)}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)} \\
 &= \frac{(1140,39 \text{ mm}^2 \cdot 400\text{N/mm}^2)}{(0,85 \cdot 25\text{N/mm}^2 \cdot 250\text{mm})} \\
 &= 85,87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot d - \left(\frac{a}{2}\right) \\
 &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 57,24 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} \cdot \\
 &\quad \left(339 \text{ mm} - \left(\frac{85,87 \text{ mm}}{2}\right)\right) \\
 &= 135.053.867,87 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\phi M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0,8 \times 135.053.867,87 \text{ N.mm} > 72.601.617 \text{ N.mm}$$

$$108.043.094,0 \text{ N.mm} > 72.601.617 \text{ N.mm}$$

(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok bordes B3 (30/40) As D (5-6) pada daerah lapangan dipakai tulangan tarik 3D19 dan tulangan tekan 2D19 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 1 lapis

Lapis 1 : 3D22

- Tulangan Tekan 1 Lapis

Lapis 1 : 2D22

4.4.4.3 Panjang Penyaluran Tulangan Balok Bordes

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 14*.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 14.2*.

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.1*)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Tabel 11 Pasal 14.2* sebagai berikut :

Tabel 4.5 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut beton bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang ℓ_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5\sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10\sqrt{f'_c}}$

(*SNI 03-2847-2002 tabel 11 pasal 14.2*)

Dimana,

λd = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

- d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai
 α = faktor lokasi penulangan
 β = faktor pelapis

Tabel 4.6 Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

α = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
β = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4)

- λ = faktor beton agregat ringan

Tabel 4.7 Faktor Beton Agregat Ringan

γ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
λ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila f_{cr} disyaratkan, maka λ boleh diambil sebesar $\sqrt{f'_c} / (1,8f_{cr})$ tetapi tidak kurang dari	1,0
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \cdot \sqrt{f'_{ci}}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\lambda_d = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot d_b}{25 \cdot \sqrt{f'_{ci}}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= \frac{12 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 22 \text{ mm}}{25 \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 1267,2 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d$$

$$\begin{aligned} \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{1248,70 \text{ mm}^2}{1520,5 \text{ mm}^2} \cdot 1267,2 \text{ mm} \\ &= 1040 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 1040mm.

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5**.

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

(**SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.1**)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2 panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan dengan f_y sama dengan 400 MPa adalah :

$$\begin{aligned} \lambda_{hb} &= \frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \cdot d_b \\ &= \frac{100 \cdot 22 \text{ mm}}{\sqrt{25}} \geq 8 \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 440 \text{ mm} \geq 176 \text{ (**memenuhi**)} \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{1248,7 \text{ mm}^2}{1520,5 \text{ mm}^2} \cdot 440 \text{ mm}$$

$$= 361,34 \text{ mm} \approx 362 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 362 mm.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan ***SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3***

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.1)

Berdasarkan ***SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.2*** panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} l_{db} &= \frac{d_b \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \cdot d_b \cdot f_y \\ &= \frac{22 \text{ mm} \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{4 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 0,04 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 440 \geq 352 \text{ (**memenuhi**)} \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d \\ \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{96,89 \text{ mm}^2}{760,26 \text{ mm}^2} \cdot 440 \text{ mm}^2 \\ &= 56 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan 56mm.

Untuk pembengkokan tulangan dengan sudut 90^0 maka ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas kait.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1)

$$\begin{aligned} 12 \cdot d_b &= 12 \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 264 \text{ mm} \approx \mathbf{270 \text{ mm}} \end{aligned}$$

4.4.4.4 Kontrol Retak

Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian hingga nilai :

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 30 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang di dalam ruangan) dan

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 25 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar)

(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4)

$$\begin{aligned} d_c &= \text{decking} + (0,5 \cdot D \text{ lentur}) \\ &= 40 \text{ mm} + (0,5 \cdot 22 \text{ mm}) \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{2d_c \cdot b_w}{n}, \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan} \\ &= \frac{2 \cdot 51 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}}{2} \\ &= 12.750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z &= f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ z &= 0,6 f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ &= 0,6 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt[3]{51 \text{ mm} \cdot 12750 \text{ mm}^2} \\ &= 19353,39 \text{ N/mm} \\ &= 19,353 \text{ MN/mm} < 30 \text{ MN/mm} \text{ (**memenuhi**)} \end{aligned}$$

Sebagai alternative terhadap perhitungan nilai z , dapat dilakukan dengan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}\omega &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 400 \cdot \sqrt[3]{51 \cdot 12750} \\ &= 0,3 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm} \text{ (*memenuhi*)}\end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30$ MPa.

4.4.4.5 Perhitungan Penulangan Geser

- Data Perencanaan balok sebagai berikut :

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\Phi \text{ reduksi} = 0,75$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 11.3.2.3)

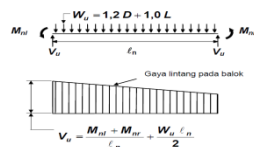
$$\text{lebar (b)} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi (h)} = 400 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tulangan sengkang} = 10 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada balok bordes **BB (25/40)**, didapat :

Momen Tulangan Terpasang



Gambar 4.38 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

- **Momen Pasang tumpuan kiri**

Dipasang tulangan tarik 4D22, $A_s = 1520,5 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{As \text{ pasang} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \right) \\ &= \left(\frac{1520,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm}} \right) \\ &= 81 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 81 \text{ mm} \\ &= 430.310,23 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} Mnl &= Cc' \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 190453,125 \text{ N} \cdot \left(339 \text{ mm} - \frac{81 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 177.904.481,56 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Momen Pasang tumpuan kanan

Dipasang tulangan tekan 2D22 , $As = 760,265 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{As \text{ pasang} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \right) \\ &= \left(\frac{760,265 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm}} \right) \\ &= 57,243 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 57,243 \text{ mm} \\ &= 304103,438 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek momen nominal pasang :

$$Mnr = Cc' \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 304103,438 \text{ N} \cdot \left(339 \text{ mm} - \frac{57,243 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 94.387.938,36 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EX + 1,0EY, dari analisa SAP 2000 di dapatkan :

Gaya geser terfaktor = 94906,62 N

Dimana diambil sejarak dari d muka kolom

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u \\
 &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.3.1 gambar 47)}
 \end{aligned}$$

Dimana :

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

L_n = Panjang balok bersih

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_{u_{tumpuan}} \\
 &= \frac{177.904.481,56 \text{ Nmm} + 94.387.168,78 \text{ Nmm}}{5600 \text{ mm}} + 94906,62 \\
 &\quad \text{N} \\
 &= 131.455,94 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f'c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (*SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.2.1*).

$$\begin{aligned}\sqrt{f'c'} &\leq \frac{25}{3} \\ \sqrt{25} &\leq \frac{25}{3} \\ 5 &\leq 8,33 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

- Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1.1)} \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 339 \text{ mm} \\ &= 70625 \text{ N}\end{aligned}$$

- Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 250 \cdot 339 \\ &= 28250 \text{ N}\end{aligned}$$

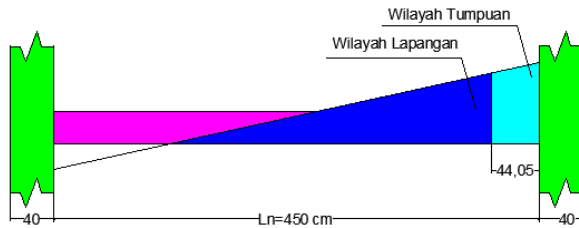
$$\begin{aligned}V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 339 \text{ mm} \\ &= 141250 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 342,5 \text{ mm} \\ &= 282500 \text{ N}\end{aligned}$$

- Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

- Wilayah tumpuan seperempat bentang bersih balok dari muka kolom.
- Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok



Gambar 4.39 Diagram gaya geser pada balok

- Penulangan Geser Balok
- Pada wilayah tumpuan
 $V_{u1} = 131.455,94 \text{ N}$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Geser

$$131.455,94 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 70625 \text{ N}$$

$$131.455,94 \text{ N} \geq 26.484,375 \text{ N} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Geser}$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 70625 \text{ N} \leq 131.455,94 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 70625 \text{ N}$$

$$26.484,375 \text{ N} \leq 131.455,94 \text{ N} \leq 52.968,75 \text{ N} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\phi \cdot V_c \leq V_{u1} \leq \phi (V_c + V_{smin})$$

$$52.968,75 \text{ N} \leq 131.455,94 \text{ N} \geq 74.156,25 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{smax})$$

$$74156,25 \text{ N} \leq 131.455,94 \text{ N} \leq 397.468,725 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan **Kondisi 4**

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\phi 10$ mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_s &= (V_u - (\phi V_c)) / \phi \\ &= ((131.455,94 - (0,75 \cdot 70625)) / 0,75 \\ &= 104.649,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \times \pi \times d^2) \times 2 \\ &= (0,25 \times \pi \times 22^2) \times 2 \\ &= 157,08 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{A_v \cdot d \cdot f_y}{V_s} \\ &= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \cdot 339 \cdot 240}{104.649,58 \text{ mm}} \\ &= 122,12 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$\begin{aligned} S_{max} &\leq \frac{d}{2} \\ 122,12 \text{ mm} &\leq \frac{339 \text{ mm}}{2} \\ 122,12 \text{ mm} &\leq 169,5 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

$$S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$122,12 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm (memenuhi)}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$.

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser

Balok

Cek persyaratan berdasarkan (SNI 03-2847-2002

Pasal 23.10.4.(2))

1. Seperempat tinggi efektif

$$S_o \leq d/4$$

$$100 \text{ mm} \leq 339 \text{ mm}/4$$

$$100 \text{ mm} \leq 84,75 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

2. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,

$$S_o \leq 8 \cdot D \text{ lentur}$$

$$100 \text{ mm} \leq 10 \cdot 19 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 190 \text{ mm (memenuhi)}$$

3. 24 kali diameter sengkang,

$$S_o \leq 24 \cdot \emptyset \text{ sengkang}$$

$$100 \text{ mm} \leq 24 \cdot 10 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm (memenuhi)}$$

4. $S_o \leq 300 \text{ mm}$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol syarat penulangan geser tidak memenuhi, maka S_{pakai} menggunakan jarak minimum kontrol yaitu 100 mm.

Sehingga dipasang $\emptyset 10-100 \text{ mm}$ dengan sengkang 2 kaki.

- Pada wilayah lapangan

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \cdot \left(\frac{1}{2}Ln - \frac{1}{4}Ln \right)}{\frac{1}{2}Ln}$$

$$= \frac{131.455,94 \text{ N} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 7450 \text{ mm}\right) - \left(\frac{1}{4} \cdot 400 \text{ mm}\right)}{\frac{1}{2} \cdot 7450 \text{ mm}}$$

$$= 103.223,79 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Geser
 $103.223,79 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 70625 \text{ N}$
 $103.223,79 \text{ N} \leq 26484,375 \text{ N}$ (Tidak Memenuhi)

Kondisi 2

$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c \rightarrow$ Tidak Perlu Geser
 $0,5 \cdot 0,75 \cdot 70625 \text{ N} \leq 103.223,79 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 70625 \text{ N}$
 $26484,375 \text{ N} \leq 103.223,79 \text{ N} \leq 52968,75 \text{ N}$
 (Tidak Memenuhi)

Kondisi 3

$\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{smin})$
 $52968,75 \text{ N} \leq 103.223,79 \text{ N} \leq 74156,25 \text{ N}$
 (tidak memenuhi)

Kondisi 3

$\phi(V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{smax})$
 $74156,25 \text{ N} \leq 103.223,79 \text{ N} \leq 141.250 \text{ N}$
 (memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan **Kondisi 4**

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\phi 10$ mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$V_s = (V_u - (\phi \cdot V_c)) / \phi$$

$$= ((103.223,79 - (0,75 \cdot 70625)) \cdot 0,75$$

$$= 67.006,72 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \times \pi \times d^2) \times 2 \\
 &= (0,25 \times \pi \times 22^2) \times 2 \\
 &= 157,08
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot d \cdot f_y}{V_s} \\
 &= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \cdot 339 \cdot 240}{67.006,72 \text{ mm}} \\
 &= 190,73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &\leq \frac{d}{2} \\
 190,73 \text{ mm} &\leq \frac{339 \text{ mm}}{2} \\
 190,73 \text{ mm} &\leq 169,5 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\
 190,73 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$.

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Cek persyaratan berdasarkan (SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.4.(2))

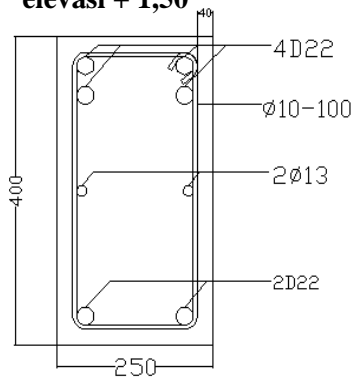
5. Seperempat tinggi efektif

$$\begin{aligned}
 S_o &\leq d/4 \\
 150 \text{ mm} &\leq 339 \text{ mm}/4 \\
 150 \text{ mm} &\leq 84,75 \text{ mm} \text{ (Tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

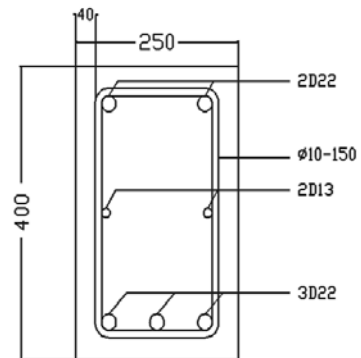
6. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
 $S_o \leq 8 \cdot D \text{ lentur}$
 $150 \text{ mm} \leq 10 \cdot 19 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} \leq 190 \text{ mm}$ (memenuhi)
7. 24 kali diameter sengkang,
 $S_o \leq 24 \cdot \emptyset \text{ sengkang}$
 $150 \text{ mm} \leq 24 \cdot 10 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$ (memenuhi)
8. $S_o \leq 300 \text{ mm}$
 $150 \leq 300 \text{ mm}$ (memenuhi)

Sehingga dipasang $\emptyset 10-150 \text{ mm}$ dengan sengkang 2 kaki.

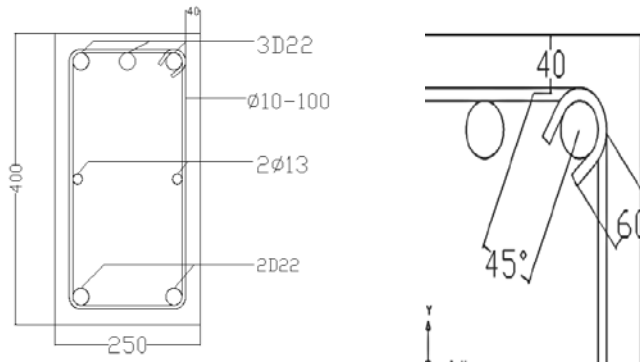
4.4.4.6 Detail Penulangan Balok Bordes (25/40) As D (5-6) elevasi + 1,50



TUMPUAN KIRI



LAPANGAN



TUMPUAN KANAN

PEMBENGGOKAN

Gambar 4.40 Penulangan Balok Bordes B3 (25/40)

4.5 Perhitungan Balok Penggantung Lift

Pada perencanaan lift ini meliputi balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift, yaitu balok penggantung lift untuk pengangkut beban lift penumpang. Lift ini terdiri dari 1 sangkar.

4.5.1 Data perencanaan Lift

Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai, dengan data-data sebagai berikut :

Merk	: Hyundai
Kapasitas	: 550 Kg
Kecepatan	: 60 m/min
Lebar pintu (opening width)	: 800 mm
Dimensi dalam sangkar	: 1300x1090 mm ²
Dimensi luar sangkar	: 1360x1300mm ²
Dimensi ruang luncur (hoistway)	: 2100x1700 mm ²
Beban reaksi ruang mesin	: -R1 = 3700 Kg
	R2 = 1800 Kg

4.5.2 Beban yang Bekerja

Beban yang bekerja pada balok penumpu adalah akibat dari mesin lift + berat kereta luncur + perlengkapan ($R_1=3700\text{kg}$) juga akibat bandul pemberat + perlengkapan ($R_2=1800\text{ kg}$).

4.5.3 Koefisien Kejut Beban Hidup oleh Keran

Pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG '83 pasal 3.3.3 halaman 16) dinyatakan bahwa keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah dengan berat muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau.

Sebagian beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan menurut rumus berikut :

$$\Psi = (1+k_1.k_2.V) \geq 1,15$$

$$\Psi = (1+(0,6 \times 1,3 \times 1)) \geq 1,15$$

$$\Psi = 1,78 \geq 1,15$$

Dimana :

Ψ =koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

V = kecepatan angkat maksimum dalam m/dt pada pengangkatan muatan maksimum dalam keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau dan nilainya tidak perlu lebih dari 1,00 m/dt

k_1 = koefisien yang tergantung pada kekuatan struktur keran induk, untuk keran induk dengan struktur rangka pada umumnya diambil sebesar 0,6

k_2 = koefisien yang tergantung pada sifat-sifat mesin angkat dari keran angkatnya dan dapat diambil sebesar 1,3.

Jadi beban yang bekerja pada balok adalah :

$$P = R \times \psi$$

$$P = (R_1 + R_2) \times \psi$$

$$P = (3700\text{kg} + 1800\text{kg}) \times 1,78$$

$$P = 9790 \text{ kg}$$

4.5.4 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Data-data perencanaan tulangan balok :

Tipe balok : BL (40/60)

As balok : D (5-6)

Bentang balok (L balok) : 1925 mm

Dimensi balok (b balok) : 400 mm

Dimensi balok (h balok) : 600 mm

Cot θ^2 : 1

Jarak spasi tulangan sejajar : 25 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1)

Jarak spasi tulangan antar lapis : 25 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.2)

Tebal selimut beton (t decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)

Faktor β_1 : 0,85

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,8

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

4.5.5 Pembebanan Balok Penggantung Lift

1. Beban Mati

$$\text{Berat sendiri balok : } 0,4 \times 0,6 \times 2400 = 5760 \text{ kg/m} +$$

$$Q_{dl} = 5760 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup

$$\text{Beban terpusat lift (P)} = 9790 \text{ kg}$$

4.5.6 Penulangan Lentur Balok Penggantung Lift

Data yang digunakan dalam perencanaan penulangan balok adalah :

Kuat tekan beton (f_c')	: 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 19 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 12 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	: 12 mm
Decking	: 40 mm

$$d = h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur}$$

$$= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm})$$

$$= 538,5 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur}$$

$$= 40 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm})$$

$$= 61,5 \text{ mm}$$

Luasan tulangan sepanjang balok harus memenuhi :

$$A_{s_{\min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} \times b_w \times d$$

$$= \frac{\sqrt{25}}{4 \times 400} \times 400 \times 538,5 = 673,125$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1,4}{400} \times 400 \times 538,5 = 753,9$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,027 = 0,02\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82\end{aligned}$$

a. Tumpuan Kiri dan Kanan

Dari hasil Output SAP 2000 didapatkan momen pada balok memanjang 40/60 cm adalah akibat kombinasi 1,2D + 1L + Ex + 0,3 Ey

$$M_u = 29.364.621,69 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{29.364.621,69 \text{ N.mm}}{0,8} = 36705777,11 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 538,5 \text{ mm} = 323,1 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_{\text{max}} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 323,1 \text{ mm} = 243,325 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$X_{\text{rencana}} = 120 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{C_c}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X_{rencana}}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \times 120}{400} = 2167,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{renc}}{2} \right) \\
 &= 2167,5 \times 400 \times \left(583,5 - \frac{0,85 \times 120}{2} \right) \\
 &= 422.662.500 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 36705777,11 - 422.662.500 \\
 &= -385956722,9 \text{ Nmm} < 0 \\
 &\quad (\text{tidak perlu tulangan tekan})
 \end{aligned}$$

Lentur tulangan tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{36705777,11}{400 \times 583,5^2} \\
 &= 0,316
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 0,316}{400}} \right) \\
 &= 0,001 < \rho_{\min}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\min} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 400 \times 583,5 \\
 &= 753,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar dari sepertiga ($1/3$) kuat lentur negatifnya, maka dipasang tulangan sebesar :

$$\begin{aligned} A_s' &= 1/3 \times A_s \\ &= 1/3 \times 753,9 \\ &= 251,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Penulangan Torsi

Dari analisis gaya dalam dengan SAP 2000 didapatkan nilai tegangan torsi maksimum pada balok memanjang 40/60 cm adalah akibat kombinasi 1,2DL + 1LL + 1,0EX + 0,3EY

$$T_u = 2431676,14 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 600 \\ &= 240.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b+h) \\ &= 2 \times (400+600) \\ &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset) \\ &= 400 - (2 \times 40) - (2 \times 19) \\ &= 282 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_1 &= h - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset) \\ &= 600 - (2 \times 40) - (2 \times 19) \\ &= 482 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{oh} &= X_1 \times Y_1 \\ &= 282 \text{ mm} \times 482 \text{ mm} \\ &= 135.924 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$P_h = 2 \times (X_1 + Y_1)$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times (282 + 482) \\
 &= 1.528 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Torsi dapat diabaikan jika kurang dari batas T_u .

$$\begin{aligned}
 \text{Batas } T_u &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{25} \left(\frac{240.000^2}{2000} \right)}{12} \\
 &= 9.000.000 > T_u
 \end{aligned}$$

$T_u < \text{Batas } T_u$ = Torsi diabaikan.

Tulangan Tumpuan Perlu

Tulangan tarik pasang :

$$A_{s\text{perlu tarik}} = 753,9 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 3Ø19 ($A_{s\text{pasang}} = 850,59 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan pasang :

$$A_{s\text{perlu tekan}} = 251,3 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2Ø19 ($A_{s\text{pasang}} = 566,77 \text{ mm}^2$)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$S_{\min} = \frac{b_w - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times \text{tul. utama})}{n - 1}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 19)}{3 - 1} \\
 &= 119,50 > 25 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{\text{aktual}} &= h - \text{decking} - \phi_{\text{sengkang}} - \phi_{\text{tul. utama}}/2 \\
 &= 600 - 40 - 12 - 19/2 \\
 &= 538,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{s_{pasang}} \times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} \\
 &= \frac{850,59 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400} \\
 &= 40,027 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \times f_y \left(d_{aktual} - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 850,16 \times 400 \left(538,5 - \frac{40,007}{2} \right) \\
 &= 176.321.993,8 > 36.705.777,11 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

b. Lapangan

Dari hasil Output SAP 2000 didapatkan nilai momen maksimum pada balok memanjang 40/60cm adalah akibat dari kombinasi

1,4D

$$M_u = 4624817,35 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\
 &= \frac{4624817,35 \text{ N.mm}}{0,8} = 5781021,688 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\
 &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 538,5 \text{ mm} = 323,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\
 &= 0,75 \times 323,1 \text{ mm} = 243,325 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$X_{\text{rencana}} = 120 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{C_c}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X_{rencana}}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \times 120}{400} = 2167,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{renc}}{2} \right) \\
 &= 2167,5 \times 400 \times \left(583,5 - \frac{0,85 \times 120}{2} \right) \\
 &= 422.662.500 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 5781021,688 - 422.662.500 \\
 &= -416.881.478,3 \text{ Nmm} < 0 \\
 &\quad (\text{tidak perlu tulangan tekan})
 \end{aligned}$$

Lentur tulangan tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{5781021,688}{400 \times 583,5^2} \\
 &= 0,049
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 0,049}{400}} \right) \\
 &= 0,001 < \rho_{\min}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\min} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 400 \times 583,5 \\
 &= 753,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar dari sepertiga ($1/3$) kuat lentur negatifnya, maka dipasang tulangan tekan sebesar :

$$\begin{aligned} A_s' &= 1/3 \times A_s \\ &= 1/3 \times 753,9 \\ &= 251,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Penulangan Torsi

Dari analisis gaya dalam dengan SAP 2000 didapatkan nilai tegangan torsi maksimum pada balok memanjang 40/60 cm adalah akibat kombinasi 1,2DL + 1LL + 1,0EX + 0,3EY

$$T_u = 2431676,14 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 600 \\ &= 240.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b+h) \\ &= 2 \times (400+600) \\ &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset) \\ &= 400 - (2 \times 40) - (2 \times 19) \\ &= 282 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_1 &= h - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset) \\ &= 600 - (2 \times 40) - (2 \times 19) \\ &= 482 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{oh} &= X_1 \times Y_1 \\ &= 282 \text{ mm} \times 482 \text{ mm} \\ &= 135.924 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$P_h = 2 \times (X_1 + Y_1)$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times (282 + 482) \\
 &= 1.528 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Torsi dapat diabaikan jika kurang dari batas Tu.

$$\begin{aligned}
 \text{Batas Tu} &= \frac{\phi \sqrt{f'c'}}{12} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{25}}{12} \left(\frac{240.000^2}{2000} \right) \\
 &= 9.000.000 > Tu
 \end{aligned}$$

Tu < Batas Tu = Torsi diabaikan.

Tulangan Tumpuan Perlu

Tulangan tarik pasang :

$$A_{s_{\text{perlu tarik}}} = 753,9 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 3Ø19 ($A_{s_{\text{pasang}}} = 850,59 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan pasang :

$$A_{s_{\text{perlu tekan}}} = 251,3 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2Ø19 ($A_{s_{\text{pasang}}} = 566,77 \text{ mm}^2$)

Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y}{0,85 \times f'c' \times b} \\
 &= \frac{850,59 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400} \\
 &= 40,027 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= A_s \times f_y \left(d_{\text{aktual}} - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 850,16 \times 400 \left(538,5 - \frac{40,007}{2} \right) \\
 &= 176.321.993,8 > 5.781.021,688 \text{ (OK)}.
 \end{aligned}$$

4.5.7 Penulangan Geser Balok Lift

Dari hasil analisis balok penggantung lift 40/60 cm dengan Program SAP 2000, maka didapatkan gaya geser maksimum pada kombinasi 1.4 D

$$V_u = 25420,34 \text{ N.}$$

Ketentuan penulangan geser untuk SRPMM sesuai dengan SNI 2847 pasal 23.10 :

$$V_{u_{rencana}} = \frac{Mn^- + Mn^+}{ln} + Vu$$

1. Momen tumpuan negatif

$$As = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As_{pasang} \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{850,59 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400}$$

$$= 40,027 \text{ mm}$$

$$Mn^- = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 850,59 \times 400 \left(583,5 - \frac{40,007}{2} \right)$$

$$= 176.407.643 \text{ Nmm}$$

2. Momen tumpuan positif

$$As = 567,6 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As_{pasang} \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{567,6 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400}$$

$$= 17,807 \text{ mm}$$

$$Mn^+ = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 567,6 \times 400 \left(583,5 - \frac{17,807}{2} \right)$$

$$= 120.239.582,7 \text{ Nmm}$$

Perhitungan Kuat Geser Rencana

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{M_n^- + M_n^+}{l_n} + V_u \\
 &= \frac{176.407,642,7 + 120.239,582,7}{1950} + 50.859,15 \\
 &= 117.547,12 \text{ N} \\
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 583,5 \\
 &= 179.500 \text{ N} \\
 V_{s \text{ min}} &= \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 400 \cdot 583,5 \\
 &= 71.800 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi perencanaan geser:

1. $V_u \leq 0,5\phi V_c$
 $117.547,12 \text{ N} \geq 67312,5 \text{ N}$ (tidak memenuhi)
2. $0,5\phi V_c < V_u \leq \phi V_c$
 $67.312,5 \text{ N} < 117.547,12 \leq 134.625 \text{ N}$ (memenuhi)

Direncanakan sengkang 2 kaki, diameter 12mm.

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \pi \times 12^2 \\
 &= 227,52 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga jarak antar sengkang:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{h} \\
 &= \frac{227,52 \times 400 \times 583,5}{400} \\
 &= 409,536 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

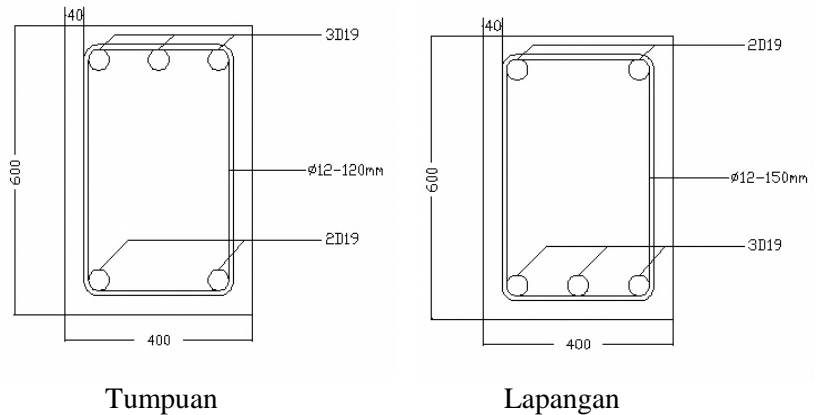
Kontrol spasi sengkang tumpuan:

$$\begin{aligned}
 S &\leq D/4 \\
 409,536 &\leq 134,625 \text{ (tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$S \leq 8 \times \text{diameter tul. Utama}$
 $409,536 \leq 152$ (tidak memenuhi)
 $S \leq 24 \cdot \text{Diameter sengkang}$
 $409,536 \leq 288$ (tidak memenuhi)
 $S \leq 300$
 $409,536 \leq 300$ (tidak memenuhi)
 Jadi dipakai sengkang $\emptyset 12-120\text{mm}$

Kontrol jarak spasi sengkang lapangan
 $S \leq D/2$
 $409,536 \leq 269,25$ (tidak memenuhi)
 Jadi dipakai sengkang $\emptyset 12-150\text{mm}$

4.5.8 Detail Penulangan Balok Penggantung Lift



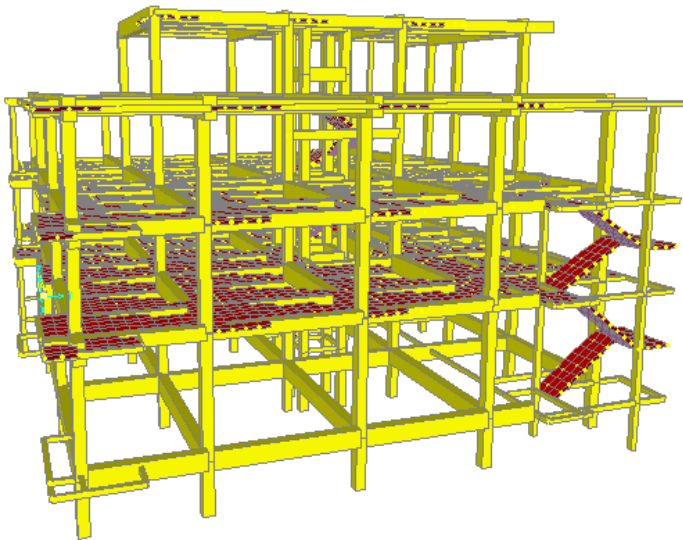
Gambar 4.41 Detail Penulangan Balok Lift (40 / 60)

4.6 Pemodelan Struktur Bangunan

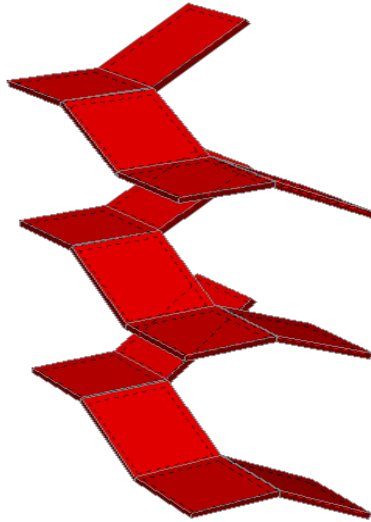
Perhitungan struktur ini menggunakan analisis sistem rangka pemikul momen menengan (SRPMM) dan menggunakan program bantu komputer yaitu SAP 2000.

Dimana komponen struktur dari gedung ada yang dimodelkan seperti balok,kolom,sloof,atap,pelat,tangga ,hingga tiang pancangnya . Pada program SAP 200 diasumsikan menggunakan perletakan jepit pada dasar perletakan pemodelan pada struktur gedung .

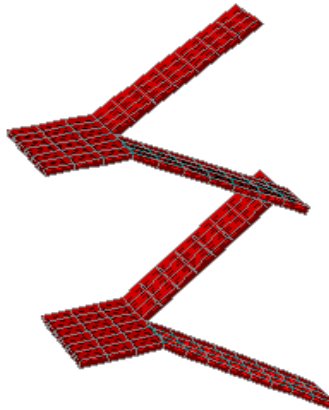
Untuk perencanaan terhadap gempa digunakan analisa pembebanan dengan menggunakan pembebanan gempa “Respon Dinamik “.



Gambar 4. 42 Pemodelan Struktur



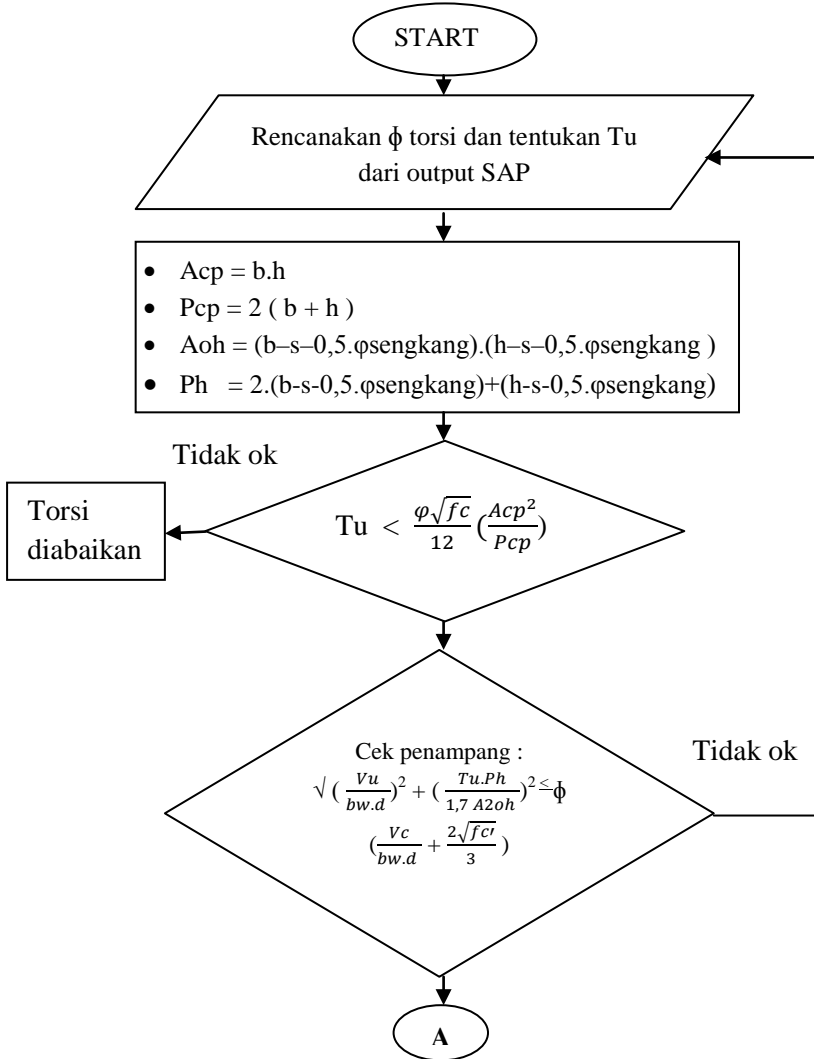
*Gambar 4. 43 Pemodelan 3 Dimensi Struktur tangga
(Tipe 1)*

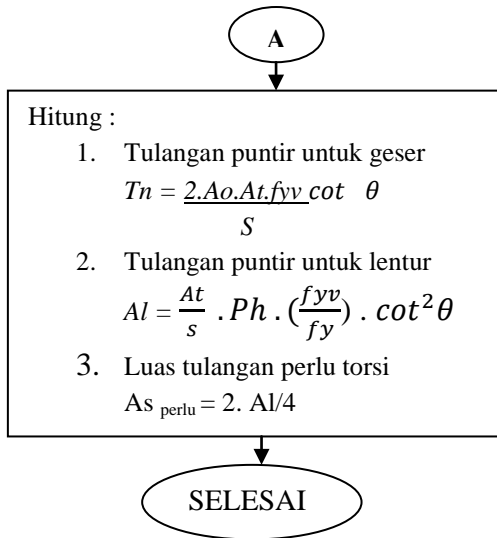


*Gambar 4. 44 Pemodelan 3 Dimensi Struktur tangga
(Tipe 2)*

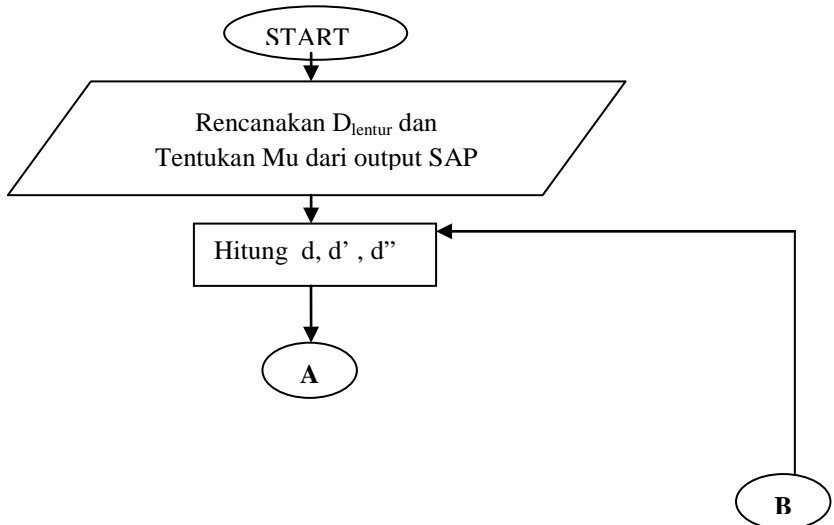
4.7 Perhitungan Balok

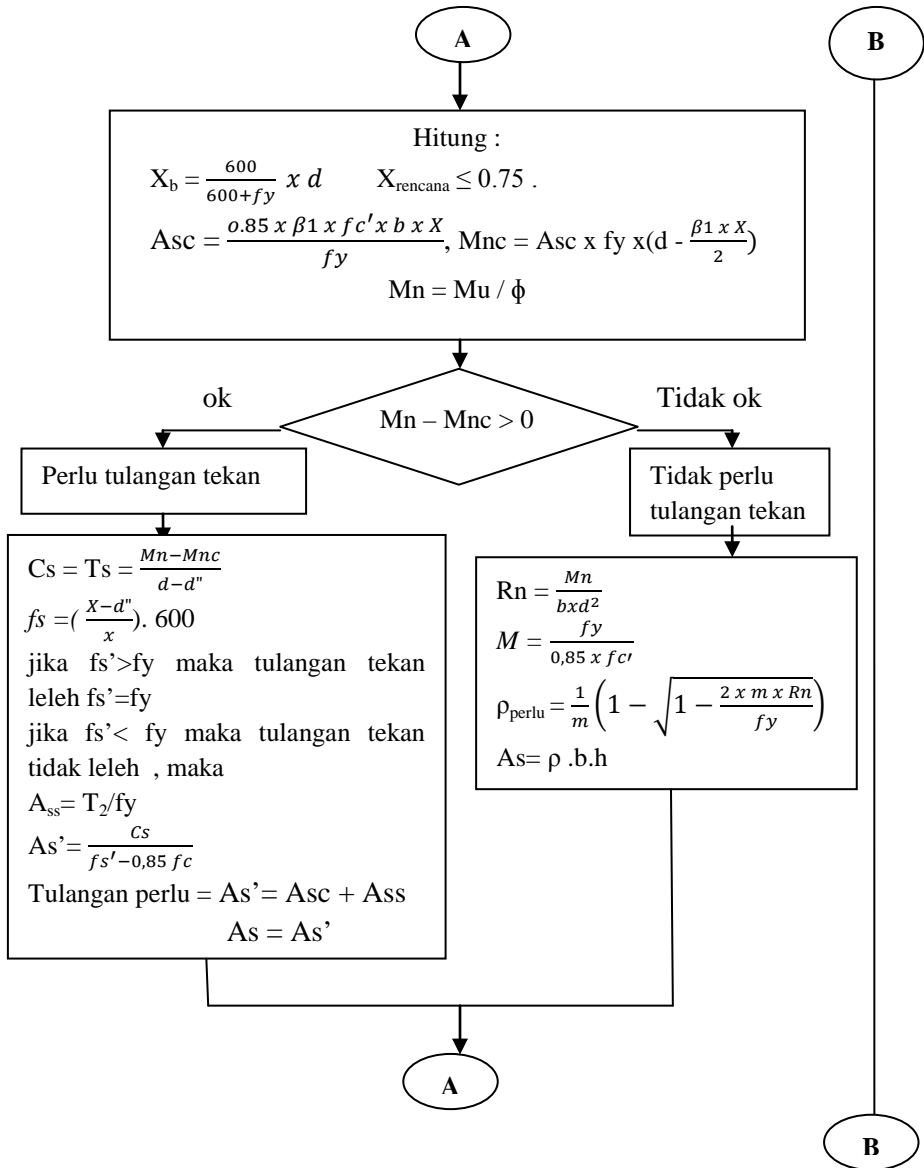
Skema perhitungan penulangan torsi

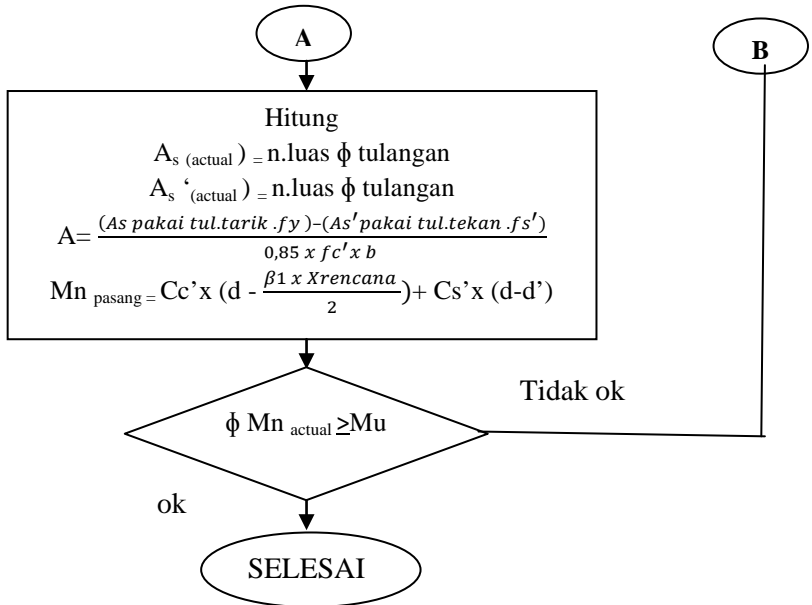




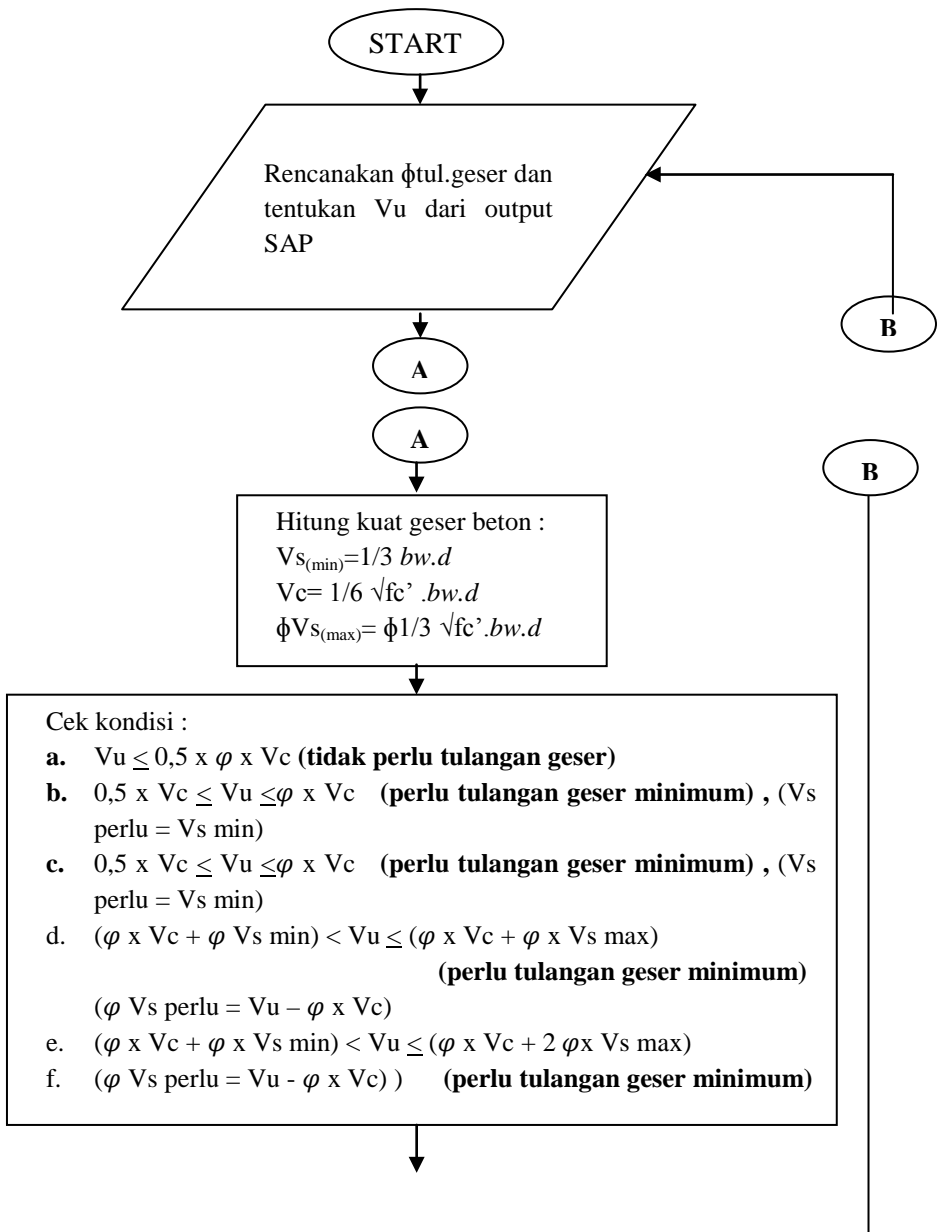
Skema perhitungan penulangan lentur

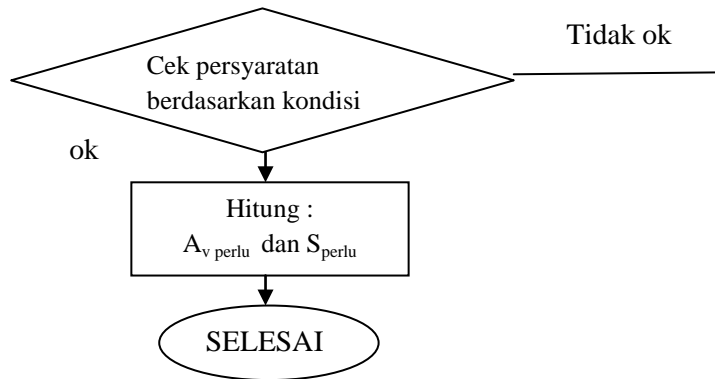






Skema penulangan geser





4.7.1 Perhitungan penulangan Balok Induk Memanjang

Perhitungan Balok yang akan dibahas adalah penulangan Balok Pada Frame **23 (BI-I = 40/75)** elevasi ± 4.55 Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

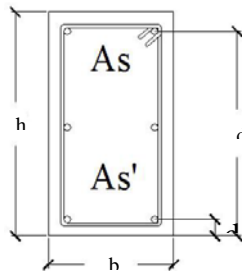
- Data perencanaan penulangan Balok

Tipe balok	: BI-I (40/75)
As balok	: 13 (B-E)
Bentang balok (L balok)	: 8000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 400 mm
Dimensi balok (h balok)	: 750 mm
Bentang kolom (L kolom)	: 455 mm
Dimensi kolom (b kolom)	: 500 mm
Dimensi kolom (h kolom)	: 500 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 22 mm

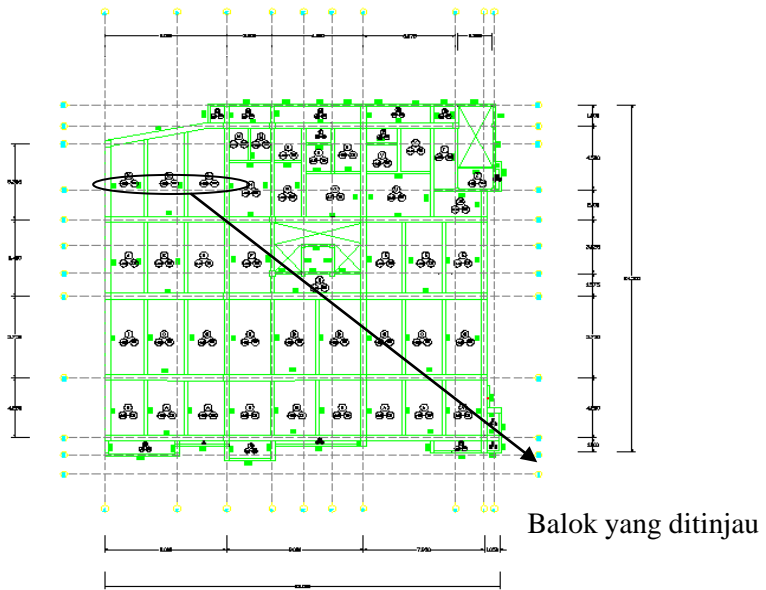
- Diameter tulangan geser (\emptyset geser) : 10 mm
 Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir) : 13mm
 Cot θ^2 : 1
 Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 25 mm
 (*SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1*)
 Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis) : 25mm
 (*SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.2*)
 Tebal selimut beton (t decking) : 40 mm
 (*SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1*)
 Faktor β_1 : 0,85
 (*SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3)*)
 Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,8
 (*SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1)*)
 Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
 (*SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3)*)
 Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75
 (*SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3)*)

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm}) \\
 &= 689 \text{ mm} \\
 d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm}) \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.45 Tinggi efektif balok



Gambar 4.46 Denah pemalokan lantai 2

Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Dari hasil analisa dengan bantuan SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

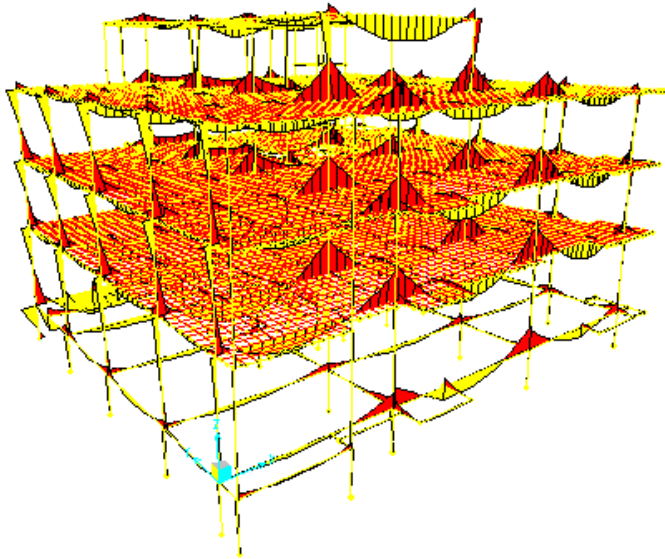
Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi Beban Gravitasi :

- Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.
 $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$ dan
 $1,4 \text{ DL}$

▪ Kombinasi Beban Gempa :

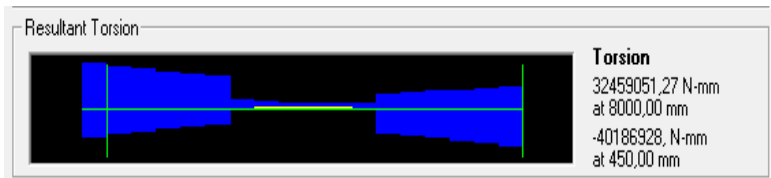
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.
 $1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 EQX + 0,3 EQY$ dan
 $0,9 DL + 1,0 EQX + 0,3 EQY$
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y
 $1,2 DL + 1,0 LL + 0,3 EQX + 1,0 EQY$ dan
 $0,9 DL + 0,3 EQX + 1 EQY$
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X.
 $1,2 DL + 1,0 LL - 1,0 EX - 0,3 EY$ dan
 $0,9 DL - 1,0 EX - 0,3 EY$
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y
 $1,2 DL + 1,0 LL - 0,3 EX - 1,0 EY$ dan
 $0,9 DL - 0,3 EX - 1 EY$



Gambar 4.47 Pemodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok

Hasil Output Diagram Torsi

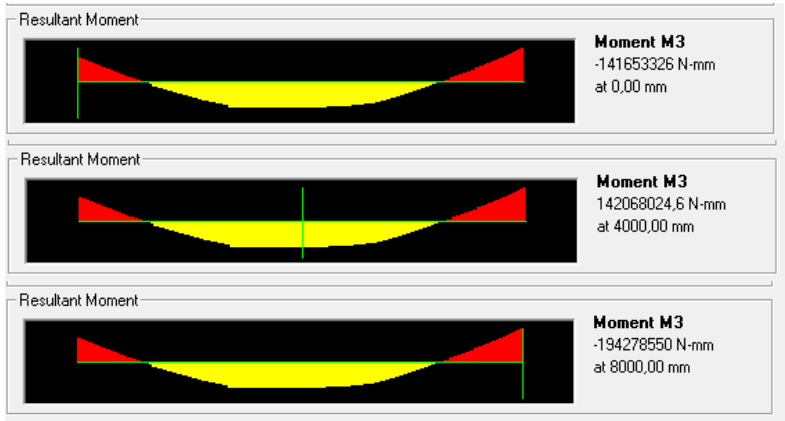
Akibat Kombinasi 0,9DL +0,3EQx+1,0EQy



Momen Puntir

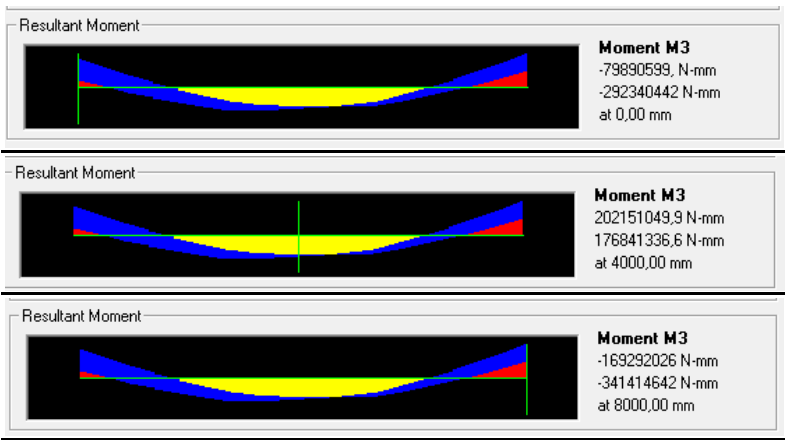
: 40.186.928 Nmm

Hasil Output Diagram Momen Lentur
Akibat Kombinasi 1,2DL+1,6LL



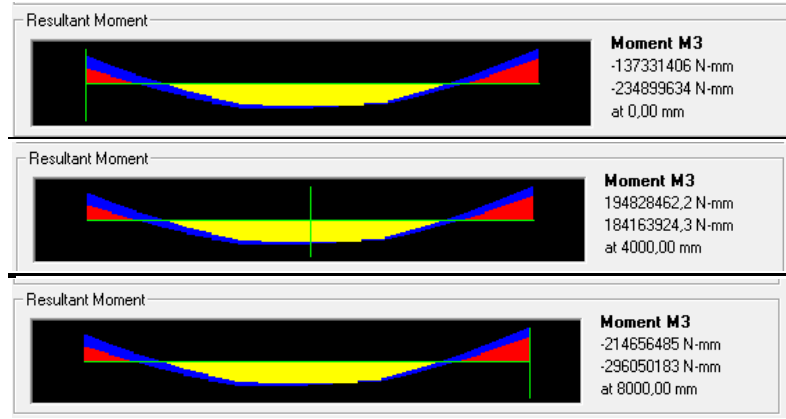
Momen Tumpuan Kiri : -141.653.326 N.mm
Momen lapangan : 142.068.024,6 N.mm
Momen Tumpuan Kanan : -194.278.550 N.mm

Akibat Kombinasi 1,2DL+1LL+1,0EQx+0,3Eqy



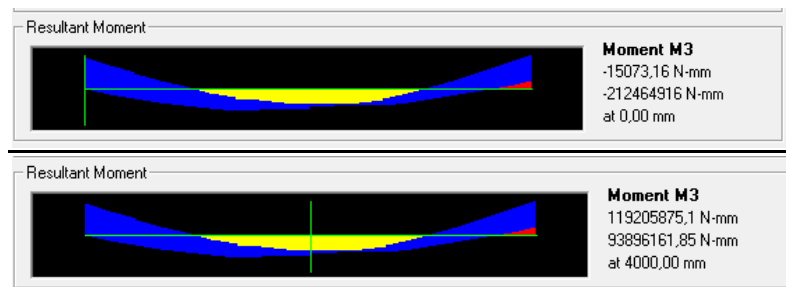
Momen Tumpuan Kiri : -292.340.442 N.mm
 Momen lapangan : 202151049,9 N.mm
 Momen Tumpuan Kanan : -341.414.642 N.mm

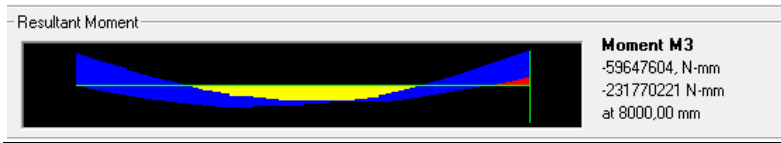
Akibat Kombinasi 1,2DL+1LL+0,3EQx+1,0Eqy



Momen Tumpuan Kiri : -234.899.634 N.mm
 Momen lapangan : 194828462,2 N.mm
 Momen Tumpuan Kanan : -296.050.183 N.mm

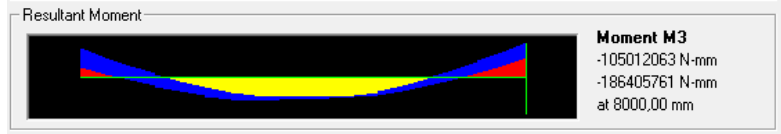
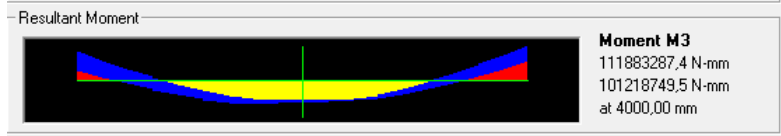
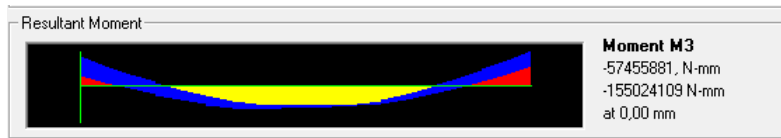
Akibat Kombinasi 0,9DL+1,0EQx+0,3Eqy





Momen Tumpuan Kiri : -212.464.916 N.mm
 Momen lapangan : 119205875,1 N.mm
 Momen Tumpuan Kanan : -231.770.221 N.mm

Akibat Kombinasi $0,9DL+0,3EQ_x+1,0EQ_y$

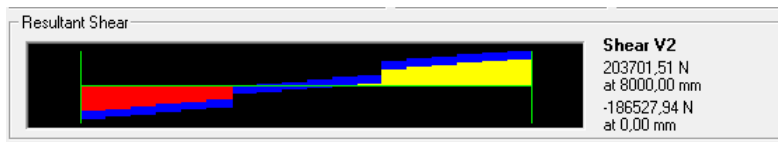


Momen Tumpuan Kiri : -57.455.881 N.mm
 Momen lapangan : 111.883.287,4 N.mm
 Momen Tumpuan Kanan : -186.405.761 N.mm

Untuk keperluan perhitungan tulangan balok maka diambil momen yang paling besar dari kelima kombinasi diatas :

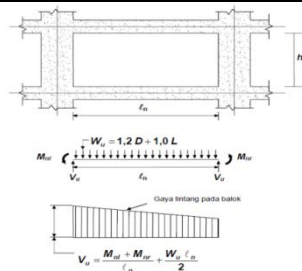
Daerah	Momen lentur	
	Mu max	Akibat
	N.mm	kombinasi
Tumpuan kiri	292340442	1,2DL+1LL+1EQX+0,3EQY
Lapangan	202151049,9	1,2DL+1LL+1EQX+0,3EQY
Tumpuan kanan	341414642	1,2DL+1LL+1EQX+0,3EQY

Hasil output diagram gaya geser $1,2DL+1LL+1,0EQx+0,3Eqy$



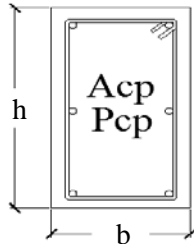
Gaya geser terfaktor (V_u) = 203.701,51 N
(V_u diambil tepat pada muka kolom)

- Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) (SNI 03-2847-2002, Pasal 23.1)



Gambar 4. 48 *Gaya Lintang Rencana Komponen Balok SRPMM*

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir
- Balok yang dipakai = 40/75



Gambar 4. 49 Luasan Acp dan Pcp

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 400 \text{ mm} \cdot 700 \text{ mm} \\ &= 300.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ &= 2 \times (400 \text{ mm} + 750 \text{ mm}) \\ &= 2.300 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

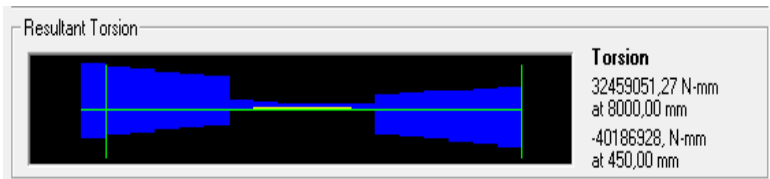
$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \cdot (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\ &= (400 - (2 \cdot 40) - 10) \cdot (750 - (2 \cdot 40) - 10) \\ &= 204.600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \cdot [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})] \\ &= 2 \cdot [(400 - (2 \cdot 40) - 10) + (750 - (2 \cdot 40) - 10)] \\ &= 1.940 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.7.1.1 Perhitungan Penulangan Puntir

➤ Momen Puntir Ultimate



$$T_u = 40.186.928 \text{ Nmm}$$

➤ **Momen Puntir Nominal**

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 &= \frac{40.186.928 \text{ N.mm}}{0.75} \\
 &= 53.582.571 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.1(a)}) \\
 &= \frac{0.75 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(300.000 \text{ mm}^2)^2}{2.300 \text{ mm}} \right)}{12} \\
 &= 12.228.261 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{3} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.2.2(a)}) \\
 &= \frac{0.75 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(300.000 \text{ mm}^2)^2}{2.300 \text{ mm}} \right)}{3} \\
 &= 48.913.043 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

➤ **Cek Pengaruh Momen Puntir**

$T_{u_{\min}} < T_u$ (**memerlukan tulangan puntir**)

$T_{u_{\min}} > T_u$ (**tulangan puntir diabaikan**)

$T_{u_{\min}} = 12.228.261 \text{ Nmm} < 53.582.571 \text{ Nmm}$
(memerlukan tulangan puntir)

- Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa sengkang-sengkang tertutup dan tulangan memanjang

➤ **Cek kuat lentur puntir**

Gaya geser terfaktor (V_u) = 203.701,51 N

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d}{b \cdot d} + \left(\frac{2 \cdot \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right)$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(1).a)

$$= \sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d}{b \cdot d} + \left(\frac{2 \cdot \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right)$$

$$= \sqrt{\left(\frac{203.701,51}{400 \times 689}\right)^2 + \left(\frac{40.186.928 \cdot 1940}{1,7 \cdot 204.600^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{25'} \cdot 400 \cdot 689}{400 \cdot 689} + \left(\frac{2 \cdot \sqrt{25'}}{3} \right) \right)$$

$$= 1,321 \leq 3,970 \text{ (memenuhi)}$$

Dari hasil yang di dapat dari perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir .

➤ **Tulangan puntir untuk geser**

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv} \times \cot \theta}{S}$$

(SNI 03-2847-2002 ,pasal 13.6.3.(6))

$$\begin{aligned} \text{Dimana , } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 204.600 \\ &= 173.910 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{53.582.571 \text{ Nmm}}{2 \times 173.910 \times f_{yv} \times \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0,64 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

➤ **Tulangan puntir untuk lentur**

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(7))

$$\begin{aligned}A_l &= \left(\frac{A_t}{s} \right) \cdot 1940 \cdot \left(\frac{240}{400} \right) \cdot \cot^2 45 \\ &= 0,64 \text{ mm} \cdot 1940 \text{ mm} \cdot \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot \cot^2 45 \\ &= 747,155 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$A_{l \min} = \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s} \right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right)$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.5.(3))

$$\begin{aligned}&= \frac{5\sqrt{25'} \cdot 300.000}{12 \cdot 400} - (0,64) \cdot 1940 \cdot \left(\frac{240}{400} \right) \\ &= 815,34496 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \min} \quad \text{maka gunakan } A_{l \min}$$

$$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \min} \quad \text{maka gunakan } A_{l \text{ perlu}}$$

$$A_{l \text{ perlu}} = 747,155 \text{ mm}^2 \leq A_{l \min} = 815,34496 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan puntir minimum sebesar 815,34496 mm²

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{A_l}{4} = \frac{815,34496 \text{ mm}^2}{4} = 203,8362 \text{ mm}^2$$

➤ Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Pada sisi kanan dan kiri diperlukan luasan tulangan sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 203,8362 \text{ mm}^2 = 407,6725 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web)

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{puntir}}}$$

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{407,6725 \text{ mm}^2}{113,04 \text{ mm}^2}$$

- Jumlah tulangan pasang = 3,6 buah \approx 4 Buah

Dipasang tulangan puntir 4 Ø 12

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang puntir}} &= n_{\text{pasang}} \cdot \text{luas} \text{ } \emptyset \text{ puntir} \\ &= 4 \cdot 113,04 \text{ mm}^2 \\ &= 452,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} = 452,16 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 407,6725 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 4 Ø 12

4.7.1.2 Perhitungan Penulangan Lentur

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600+f_y} \cdot d \\ &= \frac{600}{600+400} \cdot 689 \text{ mm} \\ &= 413,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.2)

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 413,4 \text{ mm} \\ &= 310,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm} \\ &= 722.500 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 1806,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 1806,25 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(689 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 467.096.250 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

❖ **DAERAH TUMPUAN KIRI**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi 1,2 DL + 1,6 LL

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 292.340.442 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_{u \text{ tumpuan}}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{292.340.442 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$M_n = 365.425.552,5 \text{ N.mm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} \geq 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 365.425.552,5 \text{ N.mm} - 467.096.250 \text{ N.mm}$$

$$= -101670697,5 \text{ N.mm}$$

Maka,

$$M_{ns} = -101670697,5 \text{ N.mm} \leq 0 \quad (\text{tidak perlu tulangan lentur tekan})$$

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{365.425.552,5 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (689 \text{ mm})^2} \\ &= 1,9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,0270 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0270 \\ &= 0,02032 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2} \\ &= 18,823 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 1,9 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,005
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,005 < 0,02032 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,005$

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,005 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 689 \text{ mm} \\
 &= 1392,109 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu lentur (A_s pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_t}{4} \\
 &= 1392,109 \text{ mm}^2 + 250,916 \text{ mm}^2 \\
 &= 1595,945 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 379,94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1595,945 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\
 &= 4,20 \text{ buah} \approx \mathbf{5 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\
 &= 5 \cdot 379,94 \text{ mm}^2 \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 1899,7 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 1595,945 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Luas Perlu (As perlu) Tulangan Tekan

$$\text{As}' = 0 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_l}{4} \\
 &= 0 \text{ mm}^2 + 203,8362 \text{ mm}^2 \\
 &= 203,8362 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 379,94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{203,8362 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\
 &= 0,53 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\
 &= 2 \cdot 379,94 \text{ mm}^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 759,88 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 203,8362 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \cdot D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (5 \cdot 22 \text{ mm})}{5 - 1}$$

$$S_{max} = 48 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 48 \text{ mm} \geq S_{syarat \text{ agregat}} = 25 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \cdot D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{max} = 256 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 256 \text{ mm} \geq S_{syarat \text{ agregat}} = 25 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok B1-1 (40/75) untuk daerah tumpuan kiri

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 : 5D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 : 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= 5 \text{ D22} \\ &= 5 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= 2 \text{ D22} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 759,88 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \cdot 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 633,233 \text{ (*memenuhi*)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

- Tulangan tarik = 5 D22
- Tulangan tekan = 2 D22

Kontrol Kemampuan Penampang

As pakai tulangan tarik 5 D22 1.1899,7 mm²

As pakai tulangan tekan 2 D22 = 759,88 mm²

$$f_s' = (1 - (d''/100)) \times 600 = 234$$

$$a = \frac{(As \text{ pakai tul tarik} \cdot f_y) - (As' \text{ pakai tul tekan} \times f_s')}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)}$$

$$= \frac{(1899,7 \text{ mm}^2 \cdot 400) - (759,88 \text{ mm}^2 \times 234)}{(0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 400 \text{ mm})}$$

$$= 68,47 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 400 \times 68,47 \text{ mm}$$

$$= 582.068,1 \text{ N}$$

$$C_s' = As \text{ pasang} \times f_s'$$

$$= 759,88 \text{ mm}^2 \times 234$$

$$= 177811,92 \text{ N}$$

$$Mn_{\text{pasang}} = C_c' \times (d - \frac{\beta_1 \times \text{rencana}}{2}) + C_s' \times (d - d')$$

$$= 582.068,1 \text{ N} (689 - \frac{0,85 \cdot 100}{2}) + 177811,92 \times (689 - 61)$$

$$= 487.972.899 \text{ N.mm}$$

Maka,

$$\theta Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \cdot 487.972.899 \text{ N.mm} > 292.340.442 \text{ N.mm}$$

$$390.378.320 \text{ N.mm} > 292.340.442 \text{ N.mm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok B1-1(40/75) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 5 D22 dan tulangan tekan 2D22 dengan susunan sebagai berikut :

- **Tulangan tarik 1 lapis**
Lapis 1 : 5D22
- **Tulangan Tekan 1 Lapis**
Lapis 1 : 2D22

❖ **DAERAH TUMPUAN KANAN**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL +0,3 EQX +EY

$$Mu_{\text{tumpuan}} = 341.414.642 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mn = \frac{Mu_{\text{tumpuan}}}{\phi}$$

$$Mn = \frac{341.414.642 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$Mn = 426.768.302,5 \text{ N.mm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$Mns \geq 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} Mns &= Mn - Mnc \\ &= 426.768.302,5 \text{ N.mm} - 467.096.250 \text{ N.mm} \\ &= -40.327.947,5 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$Mns = -40.327.947,5 \text{ N.mm} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{426.768.302,5 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (689 \text{ mm})^2} \\
 &= 2,2 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{400} \times \frac{600}{600+400} \\
 &= 0,0270
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0270 \\
 &= 0,02032
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\
 &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 18,823$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 2,2 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,005
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,005 < 0,02032 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,005$

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 689 \text{ mm} \\ &= 1640,401 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\ &= 1640,401 \text{ mm}^2 + 203,8362 \text{ mm}^2 \\ &= 1844,237 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1844,237 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\ &= 4,8 \text{ buah} \approx \mathbf{5 \text{ buah}} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\ &= 5 \cdot 379,94 \text{ mm}^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 1899,7 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 1844,237 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Luas Perlu (As perlu) Tulangan Tekan

$$As' = 0 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= As + \frac{Al}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 203,8362 \text{ mm}^2 \\ &= 203,8362 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{As \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{203,8362 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\ &= 0,53 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\ &= 2 \cdot 379,94 \text{ mm}^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$As \text{ pasang} = 759,88 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 203,8362 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 5 D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (5 \cdot 22 \text{ mm})}{5 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 48 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} = 48 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 256 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} = 256 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok B1-1 (40/75) untuk daerah tumpuan kiri

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
 - Lapis 1 : 5D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
 - Lapis 1 : 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= 5 \text{ D22} \\ &= 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= 2 \text{ D22} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 759,88 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \cdot 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 633,233 \text{ mm}^2 \text{ (*memenuhi*)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

- Tulangan tarik = 5 D22
- Tulangan tekan = 2 D22

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik } 5 \text{ D22} = 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai tulangan tekan } 2 \text{ D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$f_s' = (1 - (d'/100)) \times 600 = 234$$

$$a = \frac{(A_s \text{ pakai tul tarik} \cdot f_y) - (A_s' \text{ pakai tul tekan} \times f_s')}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)}$$

$$= \frac{(1899,7 \text{ mm}^2 \cdot 400) - (759,88 \text{ mm}^2 \times 234)}{(0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 400 \text{ mm})}$$

$$= 68,47 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 400 \times 68,47 \text{ mm}$$

$$= 582068,1 \text{ N}$$

$$C_s' = A_s \text{ pasang} \times f_s'$$

$$= 759,88 \text{ mm}^2 \times 234$$

$$= 177811,92 \text{ N}$$

$$Mn_{\text{pasang}} = C_c' \times (d - \frac{\beta_1 \times \text{rencana}}{2}) + C_s' \times (d - d')$$

$$= 582068,1 \text{ N} (689 - \frac{0,85 \cdot 100}{2}) + 177811,92 \times (689 - 61)$$

$$= 487972899 \text{ N.mm}$$

Maka,

$$\theta Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \cdot 487972899 \text{ N.mm} > 341.414.642 \text{ N.mm}$$

$$390.378.320 \text{ N.mm} > 341.414.642 \text{ N.mm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok B1-1(40/75) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 5D22 dan tulangan tekan 2D22 dengan susunan sebagai berikut :

➤ **Tulangan tarik 1 lapis**

Lapis 1 : 5D22

➤ **Tulangan Tekan 1 Lapis**

Lapis 1 : 2D22

❖ DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + EQX + 0,3EQY

$$Mu_{\text{lapangan}} = 202151049,9 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_n = \frac{Mu_{\text{lapangan}}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{202151049,9 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$M_n = 252.688.812,4 \text{ N.mm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} \geq 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 252.688.812,4 \text{ N.mm} - 467.096.250 \text{ N.mm} \\ &= -214407437,6 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$M_{ns} = -214407437,6 \text{ N.mm} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{252.688.812,4 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (689 \text{ mm})^2} \\ &= 1,3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{400} \times \frac{600}{600+400} \\
 &= 0,0270
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0270 \\
 &= 0,02032
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\
 &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 18,823
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 1,3 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,0034
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0034 < 0,02032 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,0044$$

$$\text{Maka dipakai } 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,0044$$

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0044 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 689 \text{ mm} \\
 &= 1.231,787 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_l}{4} \\
 &= 1.231,787 \text{ mm}^2 + 203,8362 \text{ mm}^2 \\
 &= 1435,623 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 379,94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1435,623 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\
 &= 3,8 \text{ uah} \approx \mathbf{4 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan lentur} \\
 &= 4 \cdot 379,94 \text{ mm}^2 \\
 &= 1519,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 1519,76 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 1435,623 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Luas Perlu (As perlu) Tulangan Tekan

$$\text{As}' = 0 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\
 &= 0 \text{ mm}^2 + 203,8362 \text{ mm}^2 \\
 &= 203,8362 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 379,94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{203,8362 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\
 &= 0,53 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan lentur} \\
 &= 2 \cdot 379,94 \text{ mm}^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} = 759,88 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 203,8362 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 4D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (4 \cdot 22 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$S_{maks} = 71 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 71 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \text{ (**memenuhi**)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 256 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 256 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \text{ (**memenuhi**)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok B1-1 (40/75) untuk daerah tumpuan kiri

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 : 4D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 : 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan

pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= 4 \text{ D22} \\ &= 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= 2 \text{ D22} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 759,88 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \cdot 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 506,58 \text{ mm}^2 \text{ (*memenuhi*)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

- Tulangan tarik = 4 D22
- Tulangan tekan = 2 D22

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik } 4 \text{ D22} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} \text{ pakai tulangan tekan } 2 \text{ D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$f_s' = (1 - (d'/100)) \times 600 = 234$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \text{ pakai tul tarik} \cdot f_y) - (A_{s'} \text{ pakai tul tekan} \times f_s')}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)} \\ &= \frac{(1519,76 \text{ mm}^2 \cdot 400) - (759,88 \text{ mm}^2 \times 234)}{(0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 400 \text{ mm})} \\ &= 50,59 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 400 \times 50,59 \text{ mm}$$

$$= 430.092,1 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pasang} \times fs'$$

$$= 759,88 \text{ mm}^2 \times 234$$

$$= 177811,92 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{\beta_1 \times \text{rencana}}{2} \right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 430.092,1 \left(689 - \frac{0,85 \times 100}{2} \right) + 177811,92 \times (689 - 61) \\ &= 389.720.415 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\theta Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \cdot 389.720.415 \text{ N.mm} > 202.151.049,9 \text{ N.mm}$$

$$311.776.332 \text{ N.mm} > 202.151.049,9 \text{ N.mm} \text{ (**memenuhi**)}$$

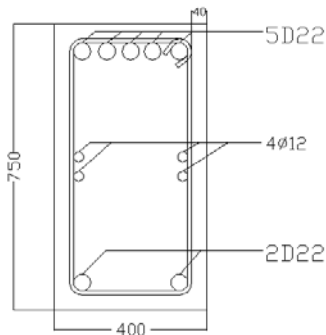
Jadi, penulangan lentur untuk balok B1-1(40/75) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 4D22 dan tulangan tekan 2D22 dengan susunan sebagai berikut :

➤ **Tulangan tarik 1 lapis**

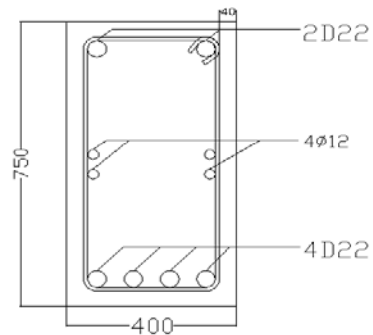
Lapis 1 : 4D22

➤ **Tulangan Tekan 1 Lapis**

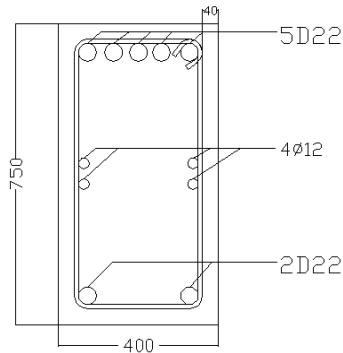
Lapis 1 : 2D22



TUMPUAN KIRI



LAPANGAN



TUMPUAN KANAN

Gambar 4.50 Hasil Penulangan Torsi dan Lentur Balok B1-1 (40/75) Frame 23

4.7.1.3 Perhitungan Penulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut :

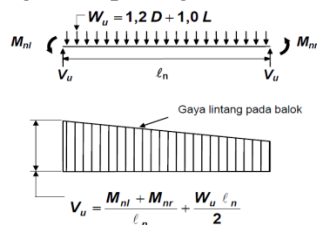
f_c'	= 25 Mpa
f_y	= 240 MPa
β_1	= 0,85
Φ reduksi	= 0,75

(SNI 03-2847-2002, Pasal 11.3.2.3)

lebar (b)	= 400 mm
tinggi (h)	= 750 mm
\emptyset tulangan sengkang	= 10 mm

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada **BI-I (40/75) Frame 23**

Momen Tulangan Terpasang



Gambar 4.51 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

➤ **Tulangan tarik terpasang 5D22**

$$As.pasang = 1.899,7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{As.pasang \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \right) \\ &= \left(\frac{1.899,7 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 400 \text{ mm}} \right) \\ &= 89,39 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{kiri} &= (As.pasang \times f_y) \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1.899,7 \text{ mm}^2 \cdot 400 \left(689 \text{ mm} - \frac{89,39 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 489.822.669,28 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

➤ **Tulangan tekan terpasang 2D22**

$$As.pasang = 760,26 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{As.pasang \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \right) \\ &= \left(\frac{760,26 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 400 \text{ mm}} \right) \\ &= 28,622 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{kanan} &= (As.pasang \times f_y) \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 760,26 \text{ mm}^2 \cdot 400 \left(689 \text{ mm} - \frac{28,622 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 205.177.123,91 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram dalam akibat kombinasi
1,2DL+1LL+1,0EQx+0,3EQY



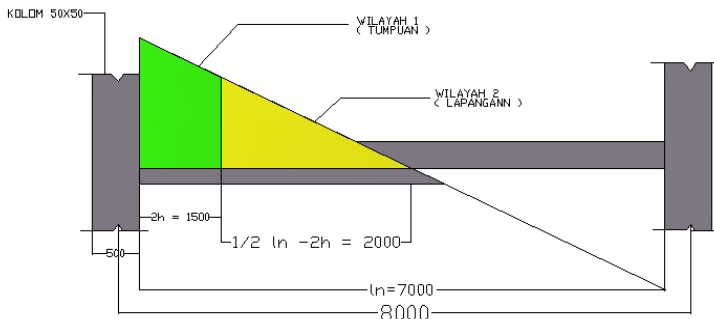
$$\text{Gaya geser terfaktor (} Vu) = 203701,51 \text{ N}$$

(Vu diambil tepat pada muka kolom)

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

1. Wilayah 1 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (**SNI 03-2847-2002 pasal 23.10.4.2**)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai wilayah 1 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok



Gambar 4. 52 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok

Syarat Kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.2.1).

$$\begin{aligned}\sqrt{f_c'} &\leq \frac{25}{3} \\ \sqrt{25} &\leq \frac{25}{3} \\ 5 &\leq 8,33 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1.1)

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 689 \text{ mm}$$

$$= 296.666,67 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 400 \cdot 689$$

$$= 91.866,67 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 689 \text{ mm}$$

$$= 459.333,3 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 689 \text{ mm}$$

$$= 918.666,7 \text{ N}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah I (Daerah Tumpuan)

Gaya geser terfaktor (V_u) = 213.030,83 N

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 2.3.10.3.(1))

Dimana :

V_u : Gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : M_n aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : M_n aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : Panjang bersih balok

Maka :

$$V_{ul} = \frac{489.822.669,28 \text{ Nmm} + 205.177.123,91 \text{ Nmm}}{7000} + 203701,51 \text{ N}$$

$$= 296.368,15 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Geser

$$296.368,15 \text{ N} \leq 87.847,5 \text{ N} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2

$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$$87.847,5 \text{ N} \leq 296.368,15 \text{ N} \leq 175.695 \text{ N} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 3

$\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s,\min}) \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$$175.695 \text{ N} \leq 296.368,15 \text{ N} \leq 244.595 \text{ N} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 4

$\phi(V_c + V_{s,\min}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s,\max}) \rightarrow$ Tulangan geser

$$244.595 \text{ N} \leq 296.368,15 \text{ N} \leq 520.195 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan

Kondisi 4

$$V_{s,\text{perlu}} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$= \frac{296.368,15 \text{ N} - 0,75 \times 296.666,67}{0,75}$$

$$= 165.490,87 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah} \\
 &= (0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2) \cdot 2 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu geser ditambah Luasan tambahan puntir transversal untuk geser :

$$\begin{aligned}
 A_{v \text{ perlu}} &= A_v + \left(2 \times \left(\frac{A_t}{s} \right) \right) \\
 &= 157 \text{ mm}^2 + \left(2 \times 0,64 \right) \\
 &= 158,28 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{158,28 \text{ mm}^2 \cdot 240 \cdot 689}{165.490,87 \text{ N}} \\
 &= 159,96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq \frac{d}{2} \\
 159,96 \text{ mm} &\leq \frac{689 \text{ mm}}{2} \\
 159,96 \text{ mm} &\leq 344,5 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\
 159,96 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$.

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur

diukur dari muka perletakan kearah tengah bentang . Senggang pertama dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan .

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a) $d/4$
- b) Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c) 24 kali diameter sengkang
- d) 300 mm

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.4.(2))

$$S_{pakai} \leq d/4$$

$$150 \text{ mm} \leq \frac{689 \text{ mm}}{4}$$

$$150 \text{ mm} \leq 172,25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 8 \times D \text{ lentur}$$

$$150 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \times D_{sengkang}$$

$$150 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 300 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadinuntuk Balok BI-I (40/75) Frame 23 pada wilayah 1 (daerah tumpuan) dipasang tulangan geser Ø10-150 dengan sengkang 2 kaki .

2. Pada wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Pada wilayah dua perhitungan geser menggunakan perbandingan segitiga :

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{u2}}{\frac{1}{2}l_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{\frac{1}{2}l_n} \\
 V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (\frac{1}{2}l_n - 2h)}{\frac{1}{2}l_n} \\
 &= \frac{296.368,15 \text{ N} \times (\frac{1}{2}7000 - 750)}{\frac{1}{2}7000} \\
 &= 177820,89 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Geser
 $177820,89 \text{ N} \leq 87.847,5 \text{ N}$ (Tidak Memenuhi)

Kondisi 2

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum
 $87.847,5 \text{ N} \leq 177820,89 \text{ N} \leq 175.695 \text{ N}$
 (Tidak Memenuhi)

Kondisi 3

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s,\min}) \rightarrow$ Tulangan geser minimum
 $175.695 \text{ N} \leq 177820,89 \text{ N} \leq 244.595 \text{ N}$
 (Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan
Kondisi 3

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 \text{ mm}$ dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah} \\
 &= (0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2) \cdot 2 \\
 &= 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned}
 S_{perlu} &= \frac{Av \cdot 3 \cdot fy}{bw} \\
 &= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \cdot 3 \cdot 400}{400} \\
 &= 282,74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq \frac{d}{2} \\
 282,74 \text{ mm} &\leq \frac{689 \text{ mm}}{2} \\
 282,74 \text{ mm} &\leq 344,5 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq 600 \text{ mm} \\
 282,74 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 250 \text{ mm}$.

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang . Sengkang pertama dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan .

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a) $d/4$
- b) Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c) 24 kali diameter sengkang
- d) 300 mm

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.4.(2))

$$S_{pakai} \leq d/4$$

$$250 \text{ mm} \leq \frac{689 \text{ mm}}{4}$$

$$250 \text{ mm} \leq 172,25 \text{ mm} \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 8 \times D \text{ lentur}$$

$$250 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \times D \text{ sengkang}$$

$$250 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 300 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Karena tidak semua memenuhi syarat maka penulangan geser balok diambil jarak spasi tulangan 250 mm. Sehingga penulangan geser balok BI-I (40/75) frame 23 pada wilayah 2 (daerah lapangan) dipasang Ø10 – 250 mm. Dengan sengkang 2 kaki

4.7.1.4 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan ***SNI 03-2847-2002 pasal 14.***

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan ***SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.***

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.1)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Tabel 11 Pasal 14.2* sebagai berikut :

Tabel 4.8 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut beton bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang ℓ_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5\sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10\sqrt{f'_c}}$

(SNI 03-2847-2002 tabel 11 pasal 14.2)

Dimana,

- λd = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik
 d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai
 α = faktor lokasi penulangan
 β = faktor pelapis

Tabel 49. Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

α = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
β = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4)

- λ = faktor beton agregat ringan

Tabel 4.10 Faktor Beton Agregat Ringan

γ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
λ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila f_{cr} disyaratkan, maka λ boleh diambil sebesar $\sqrt{f'_c} / (1,8f_{cr})$ tetapi tidak kurang dari	1,0
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4)

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f_{c'}}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\lambda_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot d_b}{5 \cdot \sqrt{f_{c'}}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= \frac{3 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 22 \text{ mm}}{5 \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 1584 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ terpasang}}} \cdot \lambda_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{1595,945 \text{ mm}^2}{1899,7 \text{ mm}^2} \cdot 1584 \text{ mm}$$

$$= 1330,72 \text{ mm} \approx 1331 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 1331 mm.

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5**.

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

(**SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.1**)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2 panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan dengan f_y sama dengan 400 MPa adalah :

$$\begin{aligned}\lambda_{hb} &= \frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \cdot d_b \\ &= \frac{100 \cdot 22 \text{ mm}}{\sqrt{25}} \geq 8 \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 440 \text{ mm} \geq 176 \text{ (**memenuhi**)}\end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d \\ \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{1595,945 \text{ mm}^2}{1899,7 \text{ mm}^2} \cdot 440 \text{ mm} \\ &= 369,64 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3**

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm.

(**SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.1**)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.2* panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 l_{db} &= \frac{d_b \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \cdot d_b \cdot f_y \\
 &= \frac{22 \text{ mm} \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{4 \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 0,04 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 440 \text{ mm} \geq 352 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d \\
 \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{203,8362 \text{ mm}^2}{759,88 \text{ mm}^2} \cdot 440 \text{ mm}^2 \\
 &= 118,02 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan 200mm.

Untuk pembengkokan tulangan dengan sudut 90° maka ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas kait.

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1*)

$$\begin{aligned}
 12 \cdot d_b &= 12 \cdot 22 \text{ mm} \\
 &= 264 \text{ mm} \approx 270 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.7.1.5 Kontrol Retak

Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian hingga nilai :

$$\begin{aligned}
 z &= f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 30 \text{ MN/m} \\
 &(\text{untuk penampang di dalam ruangan) dan}
 \end{aligned}$$

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 25 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar)
(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4)

$$\begin{aligned} d_c &= \text{decking} + (0,5 \cdot D \text{ lentur}) \\ &= 40 \text{ mm} + (0,5 \cdot 22 \text{ mm}) \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{2d_c \cdot b_w}{n}, \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan} \\ &= \frac{2 \times 51 \text{ mm} \times 400}{5} \\ &= 8.160 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

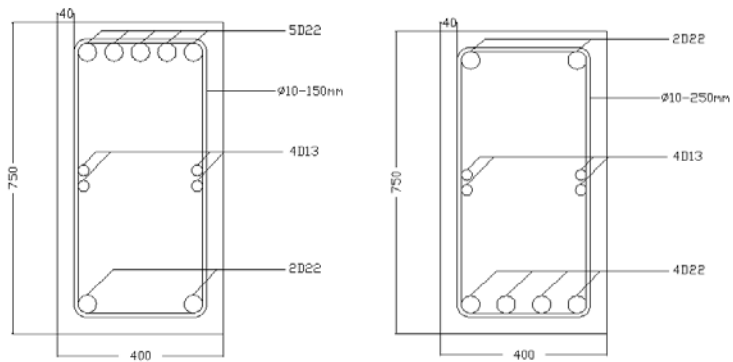
$$\begin{aligned} z &= f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ z &= 0,6 f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ &= 0,6 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt[3]{51 \text{ mm} \cdot 8160 \text{ mm}^2} \\ &= 11640,974 \text{ N/mm} \\ &= 11,64 \text{ MN/mm} < 30 \text{ MN/mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

Sebagai alternative terhadap perhitungan nilai z , dapat dilakukan dengan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned} \omega &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 400 \cdot \sqrt[3]{51 \cdot 8160} \\ &= 0,18 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

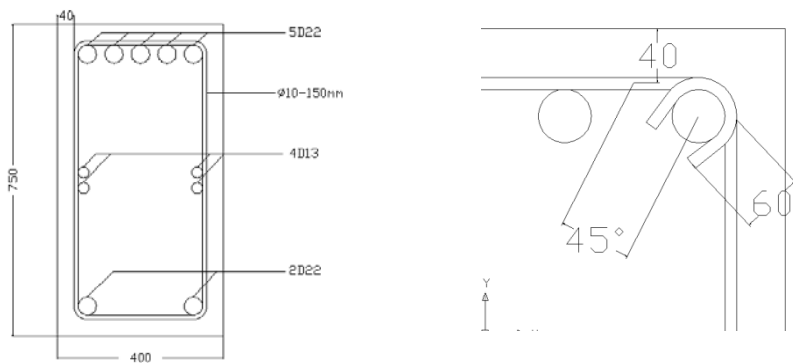
Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$.

4.7.1.6 Gambar Detail Penulangan Balok



TUMPUAN KIRI

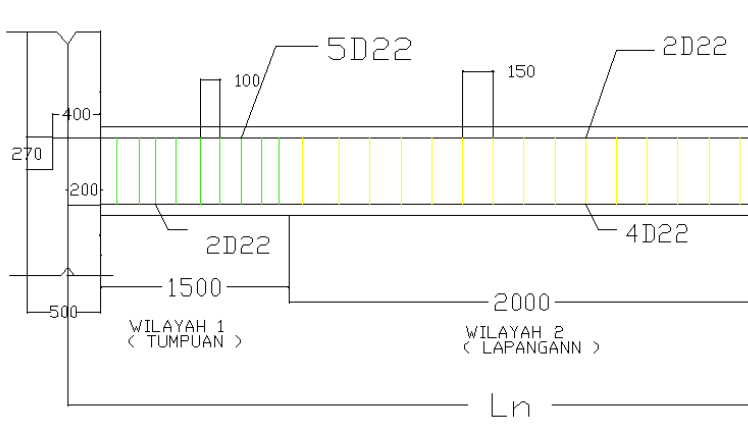
LAPANGAN



TUMPUAN KANAN

PEMBENGKOKAN

Gambar 4.53. Detailing Penulangan Torsi, Lentur, Geser dan Pembengkokan Tulangan Pada Balok BI-I(40/75) frame 23



Gambar 4.54 Sketsa Penulangan Lentur dan Geser pada Balok BI-I (40/75) Frame 23

4.7.2 Perhitungan penulangan Balok Anak Melintang (BA-1)

Perhitungan Balok yang akan dibahas adalah penulangan Balok Pada Frame **118 (BA-I = 25/40)** elevasi ± 4.55 Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

▪ Data perencanaan penulangan Balok

Tipe balok	: BI-I (25/40)
As balok	: Frame 118
Bentang balok (L balok)	: 5400 mm
Dimensi balok (b balok)	: 250 mm
Dimensi balok (h balok)	: 400 mm
Bentang kolom (L kolom)	: 455 mm
Dimensi kolom (b kolom)	: 500 mm
Dimensi kolom (h kolom)	: 500 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 19 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 10 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	: 12 mm
Cot θ^2	: 1
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	: 25 mm
	(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1)
Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis)	: 25mm
	(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.2)
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
	(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)
Faktor β_1	: 0,85
	(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3))
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,8

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

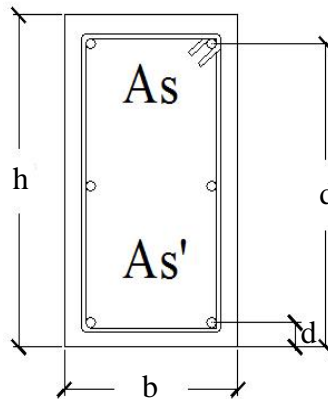
Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

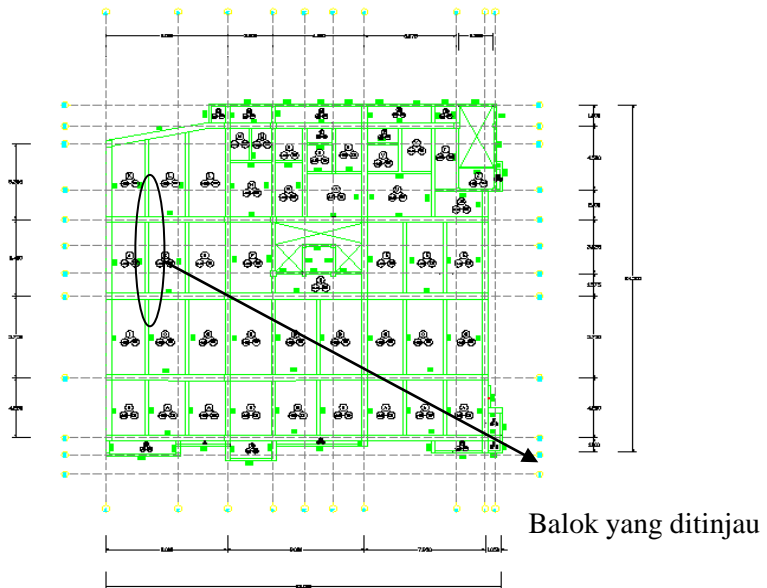
Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 340,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.55 Tinggi efektif balok



Gambar 4. 56 Denah pemalokan lantai 2

Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Dari hasil analisa dengan bantuan SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

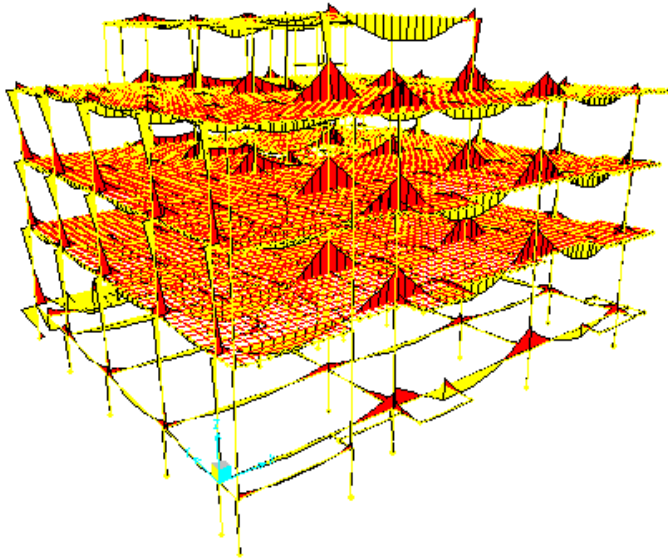
Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi Beban Gravitasi :

- Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.
 $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$ dan
 $1,4 \text{ DL}$

Kombinasi Beban Gempa :

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.
 $1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ EX} + 0,3 \text{ EY}$ dan
 $0,9 \text{ DL} + 1,0 \text{ EX} + 0,3 \text{ EY}$
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y
 $1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ EX} + 1,0 \text{ EY}$ dan
 $0,9 \text{ DL} + 0,3 \text{ EX} + 1 \text{ EY}$
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X.
 $1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 1,0 \text{ EX} - 0,3 \text{ EY}$ dan
 $0,9 \text{ DL} - 1,0 \text{ EX} - 0,3 \text{ EY}$
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y
 $1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 0,3 \text{ EX} - 1,0 \text{ EY}$ dan
 $0,9 \text{ DL} - 0,3 \text{ EX} - 1 \text{ EY}$



Gambar 4.57 Pemodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok

Hasil Output Diagram Torsi

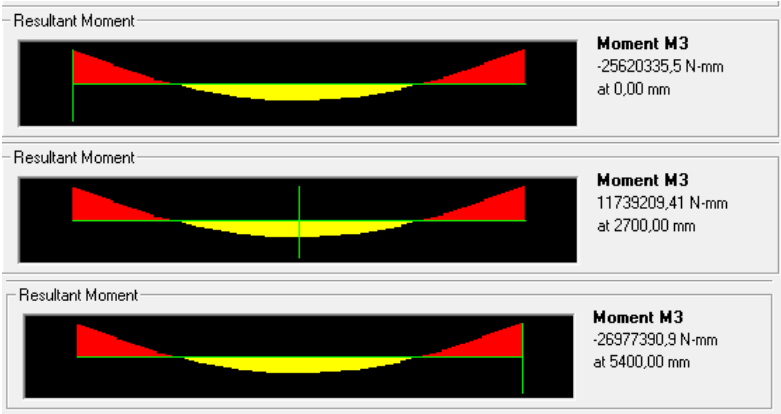
Akibat Kombinasi 1,2DL +1L+0,3EX+1,0EY



Momen Puntir

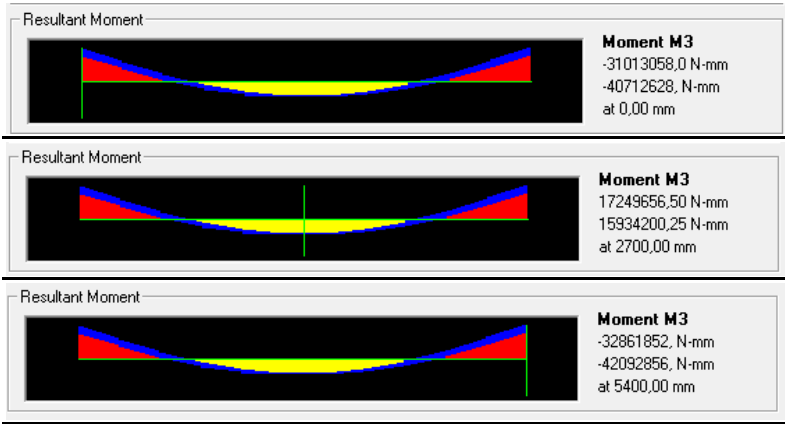
: 879.765,90 Nmm

Hasil Output Diagram Momen Lentur
Akibat Kombinasi 1,2DL+1,6LL



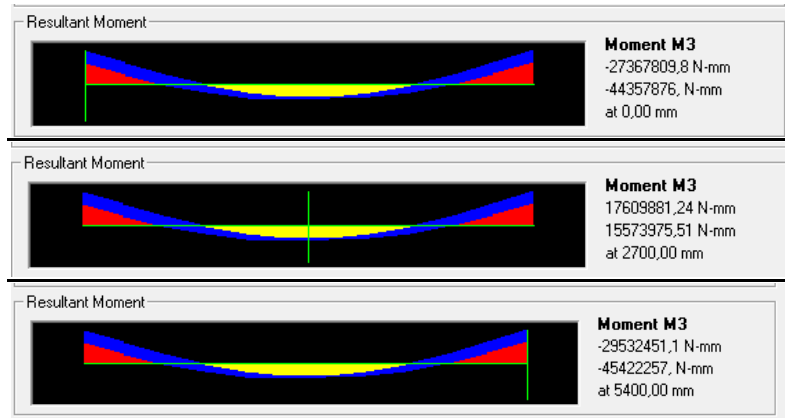
Momen Tumpuan Kiri : -25.620.335,5 N.mm
Momen lapangan : 11.739.209,41 N.mm
Momen Tumpuan Kanan : -26.977.390,9 N.mm

Akibat Kombinasi 1,2DL+1LL+1,0EX+0,3EY



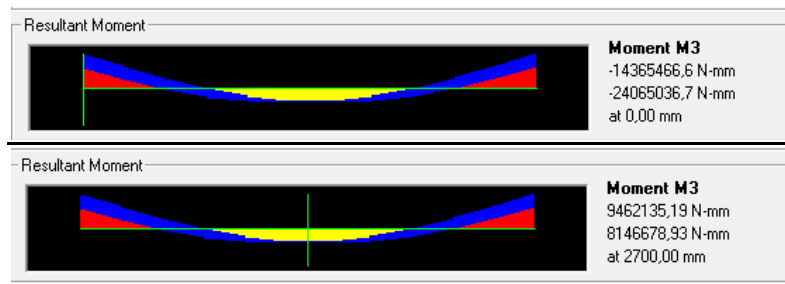
Momen Tumpuan Kiri : -31.013.058 N.mm
 Momen lapangan : 17.249.656,50 N.mm
 Momen Tumpuan Kanan : -42.092.856 N.mm

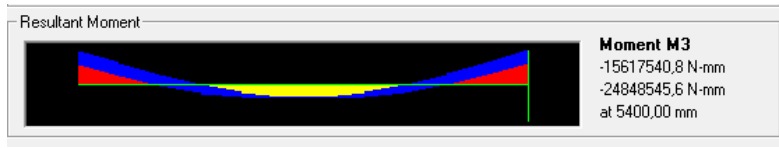
Akibat Kombinasi 1,2DL+1LL+0,3EX+1,0EY



Momen Tumpuan Kiri : -44.357.876 N.mm
 Momen lapangan : 17.609.881,24 N.mm
 Momen Tumpuan Kanan : -45.422.257 N.mm

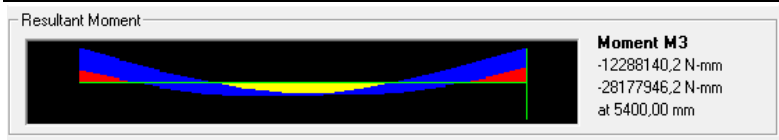
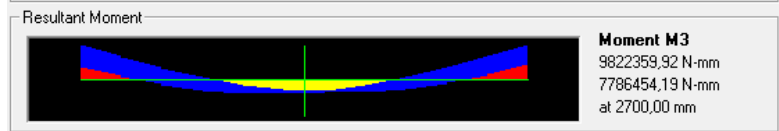
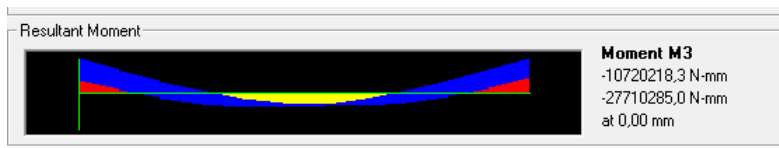
Akibat Kombinasi 0,9DL+1,0EX+0,3EY





Momen Tumpuan Kiri : -14.365.466,6 N.mm
 Momen lapangan : 9.462.135,19 N.mm
 Momen Tumpuan Kanan -24.848.545,6 N.mm

Akibat Kombinasi 0,9DL+0,3EX+1,0EY

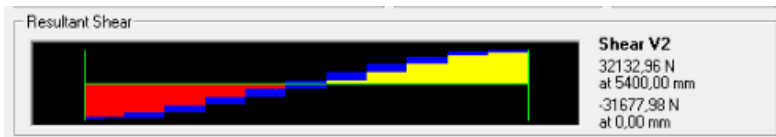


Momen Tumpuan Kiri : -27.710.285 N.mm
 Momen lapangan : 9.822.359,92 N.mm
 Momen Tumpuan Kanan : -28.177.946,2 N.mm

Untuk keperluan perhitungan tulangan balok maka diambil momen yang paling besar dari kelima kombinasi diatas :

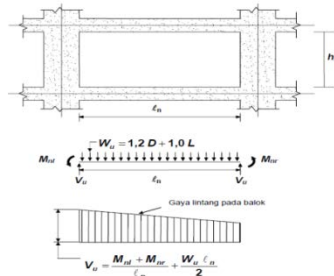
Daerah	Momen lentur	
	Mu max	Akibat
	N.mm	kombinasi
Tumpuan kiri	44.357.876	1,2DL+1LL+0,3 EX+1 EY
Lapangan	17.609.881,24	1,2DL+1LL+0,3EX+1 EY
Tumpuan kanan	45.422.257	1,2DL+1LL+0,3EX+1 EY

Hasil output diagram gaya geser 1,2DL+1LL+0,3EX+EY



Gaya geser terfaktor (V_u) = 32.132,96 N
(V_u diambil tepat pada muka kolom)

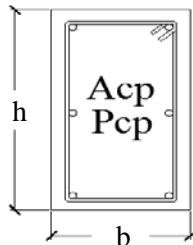
- Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) (SNI 03-2847-2002, Pasal 23.1)



Gambar 4. 58 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok SRPMM

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir

- Balok yang dipakai = 25/40



Gambar 4.59 Luasan Acp dan Pcp

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}} \\ &= 250 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} \\ &= 100.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\ &= 2 \times (250 \text{ mm} + 400 \text{ mm}) \\ &= 1.300 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \cdot (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \\ &= (250 - (2 \cdot 40) - 10) \cdot (400 - (2 \cdot 40) - 10) \\ &= 49.600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \cdot [(b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}})] \\ &= 2 \cdot [(250 - (2 \cdot 40) - 10) + (400 - (2 \cdot 40) - 10)] \\ &= 940 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.7.2.1 Perhitungan Penulangan Puntir

➤ Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2DL + 1L + 0,3EX + 1,0EY



Momen Puntir : 879.765,90 Nmm

➤ **Momen Puntir Nominal**

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 &= \frac{879.765,90 \text{ Nmm}}{0.75} \\
 &= 1173021,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} }{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.1(a))} \\
 &= \frac{0.75 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} }{12} \left(\frac{(100.000 \text{ mm}^2)^2}{1.300 \text{ mm}} \right) \\
 &= 2.403.846,154 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} }{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.2.2(a))} \\
 &= \frac{0.75 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} }{3} \left(\frac{(100.000 \text{ mm}^2)^2}{1.300 \text{ mm}} \right) \\
 &= 9.615.384,615 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

➤ **Cek Pengaruh Momen Puntir**

$T_{u_{\min}} < T_u$ (memerlukan tulangan puntir)

$T_{u_{\min}} > T_u$ (tulangan puntir diabaikan)

$T_{u_{\min}} = 2.403.846,154 \text{ Nmm} < 879.765,90 \text{ Nmm}$

(tidak memerlukan tulangan puntir)

- ❖ Jadi, penampang balok tidak memerlukan penulangan puntir
Dipakai $T_u = 2.403.846,154 \text{ Nmm}$

$$\text{Gaya geser terfaktor (} V_u \text{)} = 32.132,96 \text{ N}$$

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\begin{aligned} \sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} &\leq \varphi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d}{b \cdot d} + \left(\frac{2 \cdot \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right) \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(1).a)} \\ &= \sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \varphi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d}{b \cdot d} + \left(\frac{2 \cdot \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right) \\ &= \sqrt{\left(\frac{32.132,96}{250 \times 340,5}\right)^2 + \left(\frac{2.403.846,154 \cdot 940}{1,7 \cdot 49.600^2}\right)^2} \leq \varphi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{25'} \cdot 250 \cdot 340,5}{250 \cdot 340,5} + \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{2 \cdot \sqrt{25'}}{3} \right) \right) \\ &= 0,659 \leq 3,970 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari hasil yang di dapat dari perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir .

➤ Tulangan puntir untuk geser

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{S} \times \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2002 ,pasal 13.6.3.(6))

$$\begin{aligned} \text{Dimana , } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 49.600 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 42.160 \text{ mm}^2 \\
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}} \\
 \frac{A_t}{s} &= \frac{1173021,2 \text{ Nmm}}{2 \times 42.160 \times 240 \times \cot 45} \\
 \frac{A_t}{s} &= 0,05 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

➤ **Tulangan puntir untuk lentur**

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(7))

$$\begin{aligned}
 A_l &= \left(\frac{A_t}{s} \right) \cdot 940 \cdot \left(\frac{240}{400} \right) \cdot \cot^2 45 \\
 &= 0,05 \text{ mm} \cdot 940 \text{ mm} \cdot \left(\frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot \cot^2 45 \\
 &= 32,69212 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 A_{l \min} &= \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s} \right) \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.5.(3))} \\
 &= \frac{5\sqrt{25'} \cdot 100.000}{12 \cdot 400} - (0,05) \cdot 940 \cdot \left(\frac{240}{400} \right) = 488,14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \min} \quad \text{maka gunakan } A_{l \min}$$

$$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \min} \quad \text{maka gunakan } A_{l \text{ perlu}}$$

$$A_{l \text{ perlu}} = 32,69212 \text{ mm}^2 \leq A_{l \min} = 488,14 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan puntir minimum sebesar $488,14 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{A_l}{4} = \frac{488,14 \text{ mm}^2}{4} = 122,0353 \text{ mm}^2$$

➤ Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Pada sisi kanan dan kiri diperlukan luasan tulangan sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 122,0353 \text{ mm}^2 = 244,0706 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web)

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{puntir}}}$$

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{244,0706 \text{ mm}^2}{113,04 \text{ mm}^2}$$

- Jumlah tulangan pasang = 2,15 buah \approx 4 Buah

Dipasang tulangan puntir 4 Ø 12

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang puntir}} &= n_{\text{pasang}} \cdot \text{luas} \text{ } \emptyset \text{ puntir} \\ &= 4 \cdot 113,04 \text{ mm}^2 \\ &= 452,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} = 452,16 \text{ mm}^2 \geq A_{s\text{perlu}} = 244,0706 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 4 Ø 12

4.7.2.2 Perhitungan Penulangan Lentur

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600+f_y} \cdot d \\ &= \frac{600}{600+400} \cdot 340,5 \text{ mm} \\ &= 204,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.2)

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 204,3 \text{ mm} \\ &= 153,225 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm} \\ &= 451562,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 1128,906 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 1128,906 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(340,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 13.456.525 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

❖ **DAERAH TUMPUAN KIRI**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi 1,2 DL + 1LL + EX + 0,3 EY

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 44.357.876 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_n = \frac{M_{u \text{ tumpuan}}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{44.357.876 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$M_n = 55.447.345 \text{ N.mm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} \geq 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 55.447.345 \text{ N.mm} - 13.456.525 \text{ N.mm} \\
 &= -79.118.280 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$M_{ns} = -79.118.280 \text{ N.mm} \leq 0$ (**tidak perlu tulangan lentur tekan**)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{55.447.345 \text{ N.mm}}{250 \text{ mm} \cdot (340,5 \text{ mm})^2} \\ &= 1,9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{400} \times \frac{600}{600+400} \\ &= 0,0270 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0270 \\ &= 0,02032 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2} \end{aligned}$$

$$= 18,823$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 1,9 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,005
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,005 < 0,02032 & \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,005$

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,005 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm} \\
 &= 427,2887 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\
 &= 427,2887 \text{ mm}^2 + 122,03 \text{ mm}^2 \\
 &= 549,324 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{549,324 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\
 &= 1,9 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\text{As pasang} = n \cdot \text{luas tulangan lentur}$$

$$= 2 \cdot 283,385 \text{ mm}^2$$

$$= 566,77 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 566,77 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 549,324 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luas Perlu (As perlu) Tulangan Tekan

$$\text{As}' = 0 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\text{As perlu} = \text{As} + \frac{Al}{4}$$

$$= 0 \text{ mm}^2 + 122,0353 \text{ mm}^2$$

$$= 122,0353 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 283,385 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{122,0353 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,43 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}$$

Luas Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\text{As pasang} = n \cdot \text{luas tulangan letur}$$

$$= 2 \cdot 283,385 \text{ mm}^2$$

$$= 566,77 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 566,77 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 122,0353 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 2D19 dan tulangan tekan 1 lapis 2D19

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (\text{jml tul} \cdot D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{max} = 112 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 112 \text{ mm} \geq S_{syarat \text{ agregat}} = 25 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (\text{jml tul} \cdot D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{max} = 112 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 112 \text{ mm} \geq S_{syarat \text{ agregat}} = 25 \text{ mm}$$

(memenuhi)

Maka dipakai tulangan lentur balok BA-1 (25/40) untuk daerah tumpuan kiri

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 : 2D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 : 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= 2D19 \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= 2 D19 \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 566,77\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 566,77\text{mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \cdot 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$566,77\text{mm}^2 \geq 188,9233 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

- Tulangan tarik = 2D19

➤ Tulangan tekan = 2D19

Kontrol Kemampuan Penampang

As pakai tulangan tarik 2D19 = 566,77 mm²

As pakai tulangan tekan 2D19 = 566,77 mm²

$$f_s' = (1 - (d''/100)) \times 600 = 234$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(As \text{ pakai tul tarik} \cdot f_y) - (As' \text{ pakai tul tekan} \times f_s')}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)} \\ &= \frac{(566,77 \text{ mm}^2 \cdot 400) - (566,77 \text{ mm}^2 \times 234)}{(0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm})} \\ &= 17,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 250 \times 17,7 \text{ mm} \\ &= 94083,82 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As \text{ pasang} \times f_s' \\ &= 850,155 \text{ mm}^2 \times 234 \\ &= 132.624,18 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{\beta_1 \times \text{rencana}}{2} \right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 94083,82 \left(340,5 - \frac{0,85 \cdot 100}{2} \right) + 132.624,18 \times (340,559,5) \\ &= 65304372,9 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\theta Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \cdot 65304372,9 \text{ N.mm} > 44.357.876 \text{ N.mm}$$

$$52.243.498,4 \text{ N.mm} > 44.357.876 \text{ N.mm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok BA-1(25/40) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 2D19 dan tulangan tekan 2D19 dengan susunan sebagai berikut :

➤ **Tulangan tarik 1 lapis**
Lapis 1 : 2D19

➤ **Tulangan Tekan 1 Lapis**
Lapis 1 : 2D19

❖ **DAERAH TUMPUAN KANAN**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + EX + 0,3 EY

$$Mu_{\text{tumpuan}} = 45.422.257 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mn = \frac{Mu_{\text{tumpuan}}}{\phi}$$

$$Mn = \frac{45.422.257 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$Mn = 56.777.821,3 \text{ N.mm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$Mns \geq 0$ → maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0$ → maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} Mns &= Mn - Mnc \\ &= 56.777.821,3 \text{ N.mm} - 134.565.625 \text{ N.mm} \\ &= -77.787.803,75 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$Mns = -77.787.803,75 \text{ N.mm} \leq 0 \quad (\text{tidak perlu tulangan lentur tekan})$$

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{56.777.821,3 \text{ N.mm}}{250 \text{ mm} \cdot (340,5 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,9 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{400} \times \frac{600}{600+400} \\
 &= 0,0270 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0270 \\
 &= 0,02032
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\
 &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 18,823
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 1,9 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,005
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,005 < 0,02032 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,005$

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 689 \text{ mm} \\ &= 438,0908 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{perlu}} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\ &= 438,0908 \text{ mm}^2 + 122,0353 \text{ mm}^2 \\ &= 560,1261 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{560,1261 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\ &= 1,9 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pasang}} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\ &= 2 \cdot 283,385 \text{ mm}^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As}_{\text{pasang}} = 566,77 \text{ mm}^2 > \text{As}_{\text{perlu}} = 560,1261 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Luas Perlu (As perlu) Tulangan Tekan

$$A_s' = 0 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu lentur (A_s pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 122,0353 \text{ mm}^2 \\ &= 122,0353 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{122,0353 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\ &= 0,43 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\ &= 2 \cdot 283,385 \text{ mm}^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} = 566,77 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 123,255 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 2D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \cdot D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{max} = 112 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 112 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (jml \text{ tul} \cdot D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{max} = 112 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 112 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok BA-1 (25/40) untuk daerah tumpuan kiri

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 : 2D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 : 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif

pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= 2 \text{ D219} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= 2 \text{ D19} \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 566,77\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 566,77\text{mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \cdot 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$566,77\text{mm}^2 \geq 188,9233 \text{ (*memenuhi*)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

- Tulangan tarik = 2D19
- Tulangan tekan = 2D19

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik } 2\text{D19} = 566,77\text{mm}^2$$

$$A_{s'} \text{ pakai tulangan tekan } 2\text{D19} = 566,77\text{mm}^2$$

$$f_s' = (1 - (d'/100)) \times 600 = 234$$

$$a = \frac{(A_s \text{ pakai tul tarik} \cdot f_y) - (A_{s'} \text{ pakai tul tekan} \times f_s')}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(566,77 \text{ mm}^2 \cdot 400) - (566,77 \text{ mm}^2 \cdot 234)}{(0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm})} \\
&= 17,7 \text{ mm} \\
Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
&= 0,85 \times 25 \times 250 \times 17,7 \text{ mm} \\
&= 94083,82 \text{ N} \\
Cs' &= A_s \text{ pasang} \times f_s' \\
&= 850,155 \text{ mm}^2 \times 234 \\
&= 132.624,18 \text{ N} \\
Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times (d - \frac{\beta_1 \times r_{\text{encana}}}{2}) + Cs' \times (d - d') \\
&= 94083,82 (340,5 - \frac{0,85 \cdot 100}{2}) + 132.624,18 \times (340,559,5) \\
&= 65304372,9 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

Maka,

$$\theta Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \cdot 65304372,9 \text{ N.mm} > 45.422.257 \text{ N.mm}$$

$$52.243.498,4 \text{ N.mm} > 45.422.257 \text{ N.mm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok BA-1(25/40) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 2D19 dan tulangan tekan 2D19 dengan susunan sebagai berikut :

➤ **Tulangan tarik 1 lapis**

Lapis 1 : 2D19

➤ **Tulangan Tekan 1 Lapis**

Lapis 1 : 2D19

❖ **DAERAH LAPANGAN**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EQX + EQY

$$Mu_{\text{lapangan}} = 17.609.881,24 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mn = \frac{Mu_{\text{lapangan}}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{17.609.881,24 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$M_n = 22.012.351,6 \text{ N.mm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} \geq 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 22.012.351,6 \text{ N.mm} - 134565625 \text{ N.mm} \\ &= -112.553.273,5 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$M_{ns} = -112.553.273,5 \text{ N.mm} \leq 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{22.012.351,6 \text{ N.mm}}{250 \text{ mm} \cdot (340,5 \text{ mm})^2} \\ &= 0,75 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{400} \times \frac{600}{600+400} \end{aligned}$$

$$= 0,0270$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0270 \\ &= 0,02032\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{cr}} \\ &= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2} \\ &= 18,823\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,823} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,823 \cdot 0,75 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,001\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &> 0,001 < 0,02032 \quad (\text{tidak memenuhi})\end{aligned}$$

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,002 < \rho_{\min}$$

Maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0035$

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$\begin{aligned}A_s_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm} \\ &= 297,9375 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{Al}{4} \\ &= 297,9375 \text{ mm}^2 + 122,0353 \text{ mm}^2 \\ &= 419,9728 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{419,9728 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\ &= 1,4 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan lentur} \\ &= 2 \cdot 283,385 \text{ mm}^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 566,77 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 419,9728 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Luas Perlu (As perlu) Tulangan Tekan

$$\text{As}' = 0 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu lentur (As pakai) ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{Al}{4} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 122,0353 \text{ mm}^2 \\ &= 122,0353 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{122,0353 \text{ mm}^2}{283,385 \text{ mm}^2} \\ &= 0,43 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}}\end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan lentur} \\ &= 2 \cdot 283,385 \text{ mm}^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 566,77 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 122,0353 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 2D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 112 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 112 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\max} = 112 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 112 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok BA-1 (25/40) untuk daerah tumpuan kiri

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis
Lapis 1 : 2D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 : 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan

pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= 2D19 \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= 2 D19 \\ &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq \frac{1}{3} \cdot M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 566,77 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \cdot 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$566,77 \text{ mm}^2 \geq 188,923 \text{ mm}^2 \text{ (*memenuhi*)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

- Tulangan tarik = 2D19
- Tulangan tekan = 2D19

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik } 2D19 = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} \text{ pakai tulangan tekan } 2 D19 = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$f_{s'} = (1 - (d'/100)) \times 600 = 234$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \text{ pakai tul tarik} \cdot f_y) - (A_{s'} \text{ pakai tul tekan} \times f_{s'})}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)} \\ &= \frac{(566,77 \text{ mm}^2 \cdot 400) - (566,77 \text{ mm}^2 \times 234)}{(0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm})} \\ &= 17,70 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 25 \times 250 \times 17,70 \text{ mm} \\
 &= 94083,82 \text{ N} \\
 Cs' &= As \text{ pasang} \times fs' \\
 &= 566,77 \text{ mm}^2 \times 234 \\
 &= 132.624,18 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{\beta_1 \times \text{rencana}}{2} \right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 94083,82 \left(340,5 - \frac{0,85 \times 100}{2} \right) + 132.624,18 \times (340,5 - 59,5) \\
 &= 65.304.372,9 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\phi Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \cdot 65.304.372,9 \text{ N.mm} > 17.609.881,24 \text{ N.mm}$$

$$52.243.498,4 \text{ N.mm} > 17.609.881,24 \text{ N.mm} \text{ (memenuhi)}$$

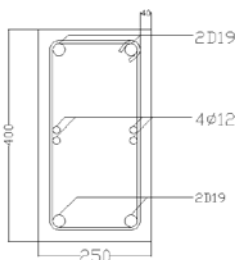
Jadi, penulangan lentur untuk balok BA-1(25/40) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 2D192 dan tulangan tekan 2D19 dengan susunan sebagai berikut :

➤ **Tulangan tarik 1 lapis**

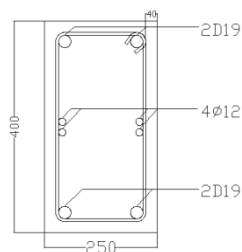
Lapis 1 : 2D19

➤ **Tulangan Tekan 1 Lapis**

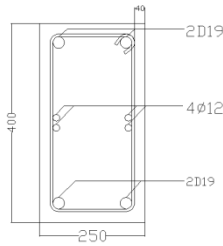
Lapis 1 : 2D19



TUMPUAN KIRI



LAPANGAN



TUMPUAN KANAN

Gambar 4. 60 Hasil Penulangan Torsi dan Lentur Balok BA-1 (25/40) Frame 118

4.7.2.3 Perhitungan Penulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut :

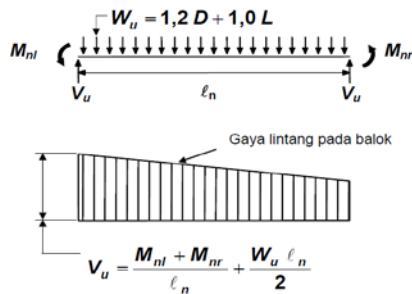
f_c'	= 25 Mpa
f_y	= 240 MPa
β_1	= 0,85
Φ reduksi	= 0,75

(SNI 03-2847-2002, Pasal 11.3.2.3)

lebar (b)	= 250 mm
tinggi (h)	= 400 mm
\emptyset tulangan sengkang	= 10 mm

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada **BA-1 (25/40) frame 118**

Momen Tulangan Terpasang



Gambar 4. 61 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMM

➤ **Tulangan terpasang 2D19**

$$As.pasang = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{As.pasang \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \right) \\ &= \left(\frac{566,77 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm}} \right) \\ &= 42,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{kiri} &= (As.pasang \cdot fy) \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \cdot 400 \left(340,5 \text{ mm} - \frac{42,6 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 72.356.755 \text{ mm} \end{aligned}$$

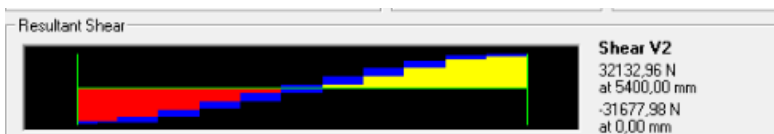
➤ **Tulangan terpasang 2D19**

$$As.pasang = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{As.pasang \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \right) \\ &= \left(\frac{566,77 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm}} \right) \\ &= 42,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_{kanan} &= (As.pasang \cdot fy) \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \cdot 400 \left(340,5 \text{ mm} - \frac{42,6 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 72.356.755 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram dalam akibat kombinasi
Hasil output diagram gaya geser 1,2DL+1LL+0,3EQx+Eqy



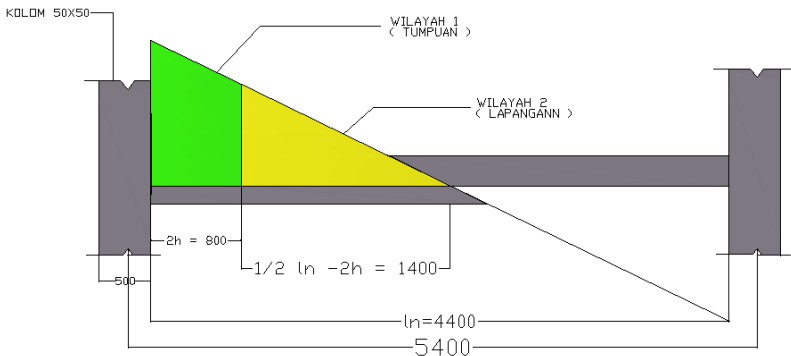
$$\text{Gaya geser terfaktor (} Vu \text{)} = 32.132,96 \text{ N}$$

(Vu diambil tepat pada muka kolom)

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

1. Wilayah 1 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom kearah tengah bentang (**SNI 03-2847-2002 ,pasal 23.10.4.2**)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan)dimulai wilayah 1 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok



Gambar 4. 62 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok

Syarat Kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.2.1).

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3}$$

$$5 \leq 8,33 \text{ (memenuhi)}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1.1)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 340.5 \text{ mm} \\
 &= 72.356,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 340.5 \text{ mm} \\
 &= 28375 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 340.5 \text{ mm} \\
 &= 141.875 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 340.5 \text{ mm} \\
 &= 283.750 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah 1 (Daerah Tumpuan)

Gaya geser terfaktor (V_u) = 32.132,96 N

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2} \\
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 2.3.10.3.(1))

Dimana :

V_{u1} : Gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : M_n aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : M_n aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : Panjang bersih balok

Maka :

$$V_{ul} = \frac{72.356.755 \text{ mm} + 72.356.755 \text{ Nmm}}{4400} + 32.132,96 \text{ N}$$

$$= 65.022,394 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Geser

$65.022,394 \text{ N} \leq 27.133,59 \text{ N}$ (Tidak Memenuhi)

Kondisi 2

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$27.133,59 \text{ N} \leq 65.022,394 \text{ N} \leq 54.267,1875 \text{ N}$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 3

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s.min}) \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$54.267,1875 \text{ N} \leq 65.022,394 \text{ N} \leq 75.548,4375 \text{ N}$

(Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan

Kondisi 3

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 \text{ mm}$ dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah}$$

$$= (0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2) \cdot 2$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu geser ditambah Luasan tambahan puntir tranversal untuk geser :

$$A_{v \text{ perlu}} = A_v + (2 \times (\frac{A_t}{s}))$$

$$= 157 \text{ mm}^2 + (2 \times 0,05)$$

$$= 157,116 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned}
 S_{perlu} &= \frac{A_v \cdot 3 \cdot f_y}{b_w} \\
 &= \frac{157,116 \text{ mm}^2 \times 3 \times 240}{250} \\
 &= 452,49 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq \frac{d}{2} \\
 452,49 \text{ mm} &\leq \frac{340,5 \text{ mm}}{2} \\
 452,49 \text{ mm} &\leq 170,25 \text{ mm} \text{ (tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{max} &\leq 600 \text{ mm} \\
 452,49 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\varnothing 10 - 80 \text{ mm}$.

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang . Sengkang pertama dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan . Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- e) $d/4$
- f) Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- g) 24 kali diameter sengkang
- h) 300 mm

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.4.(2))

$$\begin{aligned}
 S_{pakai} &\leq d/4 \\
 80 \text{ mm} &\leq \frac{340,5 \text{ mm}}{4} \\
 80 \text{ mm} &\leq 85,125 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{pakai} &\leq 8 \times D \text{ lentur} \\
 80\text{mm} &\leq 8 \times 19 \text{ mm} \\
 80\text{mm} &\leq 152 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{pakai} &\leq 24 \times D_{senggang} \\
 80\text{mm} &\leq 24 \times 10 \text{ mm} \\
 80\text{mm} &\leq 240 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{pakai} &\leq 300 \text{ mm} \\
 80\text{mm} &\leq 300 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jadi untuk Balok BA-I (25/40) Frame 118 pada wilayah 1 (daerah tumpuan) dipasang tulangan geser Ø10-80 dengan sengkang 2 kaki .

2. Pada wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Pada wilayah dua perhitungan geser menggunakan perbandingan segitiga :

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{u2}}{\frac{1}{2}l_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{\frac{1}{2}l_n} \\
 V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (\frac{1}{2}l_n - 2h)}{\frac{1}{2}l_n} \\
 &= \frac{65022,394 \text{ N} \times (\frac{1}{2}4400 - 400)}{\frac{1}{2}4400} \\
 &= 41.377,8871 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser} \\
 41.377,8871 \text{ N} &\leq 27.133,59 \text{ N} \quad (\text{Tidak Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c &\leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum} \\
 27.133,59 \text{ N} &\leq 41.377,8871 \text{ N} \leq 54.267,1875 \text{ N} \\
 &\quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan **Kondisi 2**

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah} \\ &= (0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2) \cdot 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu geser ditambah Luasan tambahan puntir tranversal untuk geser :

$$\begin{aligned} A_{v \text{ perlu}} &= A_v + \left(2 \times \left(\frac{A_t}{s} \right) \right) \\ &= 157 \text{ mm}^2 + \left(2 \times 0,05 \right) \\ &= 157,1159 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot 3 \cdot f_y}{b \cdot w} \\ &= \frac{157,1159 \text{ mm}^2 \cdot 3 \cdot 400}{400} \\ &= 452,49 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq \frac{d}{2} \\ 452,49 \text{ mm} &\leq \frac{340,5 \text{ mm}}{2} \\ 452,49 \text{ mm} &\leq 170,25 \text{ mm} \text{ (tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\ 452,49 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 – 85 mm.

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang . Sengkang pertama dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan .

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a) $d/4$
- b) Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c) 24 kali diameter sengkang
- d) 300 mm

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.4.(2))

$$S_{pakai} \leq d/4$$

$$85 \text{ mm} \leq \frac{340,5 \text{ mm}}{4}$$

$$85 \text{ mm} \leq 85,125 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 8 \times D \text{ lentur}$$

$$85 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$85 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \times D_{sengkang}$$

$$85 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$85 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 300 \text{ mm}$$

$$85 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm (memenuhi)}$$

Jadi untuk Balok BA-I (25/40) Frame 118 pada wilayah 1 (daerah tumpuan) dipasang tulangan geser Ø10-85 dengan sengkang 2 kaki .

4.7.2.4 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 14*.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 14.2*.

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.1*)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Tabel 11 Pasal 14.2* sebagai berikut .

Tabel 4.11 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut beton bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang ℓ_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5\sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10\sqrt{f'_c}}$

(*SNI 03-2847-2002 tabel 11 pasal 14.2*)

Dimana,

λd = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai

α = faktor lokasi penulangan

β = faktor pelapis

Tabel 4. 12 Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

α = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
β = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4)

λ = faktor beton agregat ringan

Tabel 4.13 Faktor Beton Agregat Ringan

γ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
λ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila f_{cr} disyaratkan, maka λ boleh diambil sebesar $\sqrt{f'_c} / (1,8f_{cr})$ tetapi tidak kurang dari	1,0
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

$$\lambda_d = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot d_b}{25 \cdot \sqrt{f'_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= \frac{12 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 19 \text{ mm}}{25 \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 1094,4 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{549,324 \text{ mm}^2}{566,77 \text{ mm}^2} \cdot 1094,4 \text{ mm}$$

$$= 1060 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 1060 mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan ***SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.***

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.1)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2 panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan dengan f_y sama dengan 400 MPa adalah :

$$\lambda_{hb} = \frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \cdot d_b$$

$$= \frac{100 \cdot 19 \text{ mm}}{\sqrt{25}} \geq 8 \cdot 19 \text{ mm}$$

$$= 380 \text{ mm} \geq 152 \text{ (memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d$$

$$\begin{aligned} \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{549,324 \text{ mm}^2}{566,77 \text{ mm}^2} \cdot 380 \text{ mm} \\ &= 368,30 \text{ mm} \approx 370 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 370 mm.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan ***SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3***

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.1)

Berdasarkan ***SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.2*** panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} l_{db} &= \frac{d_b \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \cdot d_b \cdot f_y \\ &= \frac{19 \text{ mm} \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{4 \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 0,04 \cdot 19 \text{ mm} \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 380 \text{ mm} \geq 304 (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d \\ \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{122,0353 \text{ mm}^2}{566,77 \text{ mm}^2} \cdot 380 \text{ mm} \\ &= 81,8 \text{ mm} \approx 82 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan 82 mm.

Untuk pembengkokan tulangan dengan sudut 90^0 maka ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas kait.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1)

$$\begin{aligned} 12 \cdot d_b &= 12 \cdot 19 \text{ mm} \\ &= 228 \text{ mm} \approx 230 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.7.2.5 Kontrol Retak

Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian hingga nilai :

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 30 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang di dalam ruangan) dan

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 25 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar)

(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4)

$$\begin{aligned} d_c &= \text{decking} + (0,5 \cdot D \text{ lentur}) \\ &= 40 \text{ mm} + (0,5 \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 49,5 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{2d_c \cdot b_w}{n}, \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan} \\ &= \frac{2 \cdot 50 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm}}{3} \\ &= 13.333 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

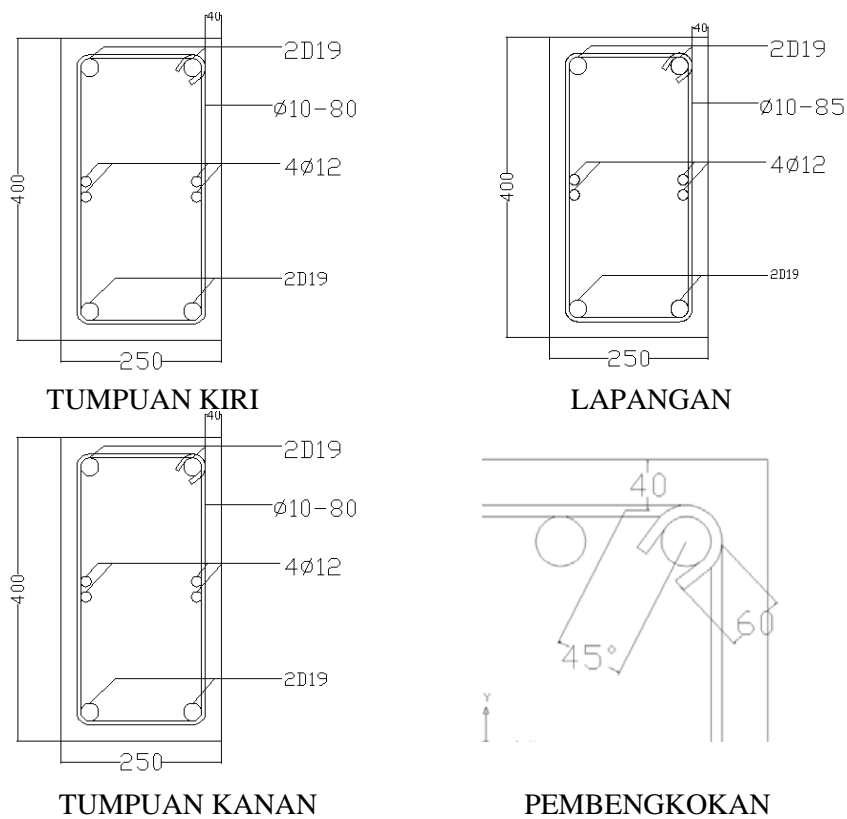
$$\begin{aligned} z &= f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ z &= 0,6 f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ &= 0,6 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt[3]{50 \text{ mm} \cdot 13.333 \text{ mm}^2} \\ &= 2096,57 \text{ N/mm} \\ &= 2,096 \text{ MN/mm} < 30 \text{ MN/mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

Sebagai alternative terhadap perhitungan nilai z , dapat dilakukan dengan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

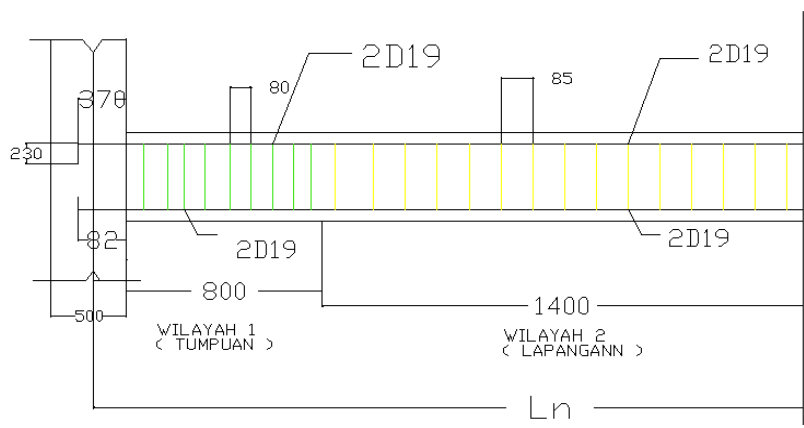
$$\begin{aligned}\omega &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\ &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 400 \cdot \sqrt[3]{50 \cdot 13,333 \text{ mm}} \\ &= 0,03 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm} (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30$ MPa.

4.7.2.6 Gambar Detailing Penulangan Balok



Gambar 4.63 Detailing Penulangan Torsi,Lentur,Geser dan Pembengkokan Tulangan Pada Balok BA-I(25/40) frame 118



Gambar 4.64 Sketsa Penulangan Lentur dan Geser pada Balok BA-I (25/40) Frame 118

4.8 Perhitungan Kolom

Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan kolom, sebagai contoh perhitungan diambil kolom struktur As 4-C pada lantai 1. Perhitungan berikut disertai dengan data perencanaan, gambar denah kolom, output dan diagram gaya dalam dari analisis SAP 2000, ketentuan perhitungan dan syarat-syarat penulangan kolom dalam metode SRPMM, sampai dengan hasil akhir gambar penampang kolom adalah sebagai berikut :

4.8.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

- Data perencanaan kolom :
 - Tipe kolom : K-1
 - As kolom : 1-D
 - Tinggi kolom atas : 3700 mm
 - Tinggi kolom bawah : 2000 mm
 - Dimensi kolom atas : 500x500mm
 - Dimensi kolom bawah : 500x500mm
 - Kuat tekan beton (f_c') : 25 MPa
 - Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700 \sqrt{f_c'}$
 - Modulus elastisitas baja (E_s) : 200000MPa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur) : 400 MPa
 - Kuat leleh tulangan geser (f_y geser) : 240 MPa
 - Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur) : 22 mm
 - Diameter tulangan geser (\emptyset geser) : 10 mm
 - Tebal selimut beton (decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)

- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 40 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.3)

- Faktor β_1 : 0,85

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3))

- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,8
(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1))
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

Berdasarkan data output SAP 2000 frame 549 didapatkan:

- Gaya aksial kolom

$$P_{DL} \text{ (DEAD)} = 891.169,71 \text{ N}$$

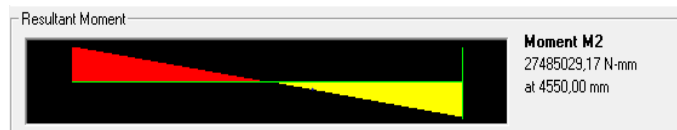


$$P_{LL} \text{ (LIVE)} = 256.351,67 \text{ N}$$

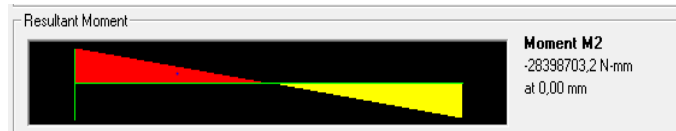


$$P_u \text{ (1,2 DL + 1,6 LL)} = 1.069.403,65 \text{ N}$$

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi akibat kombinasi 1,2 DL+1,6 LL
Momen arah sumbu X

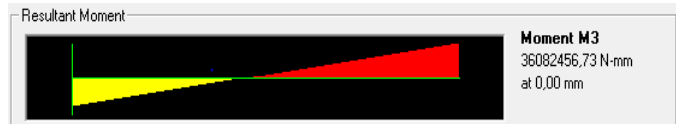


$$M_{Ins} = 27.485.029,17 \text{ Nmm}$$

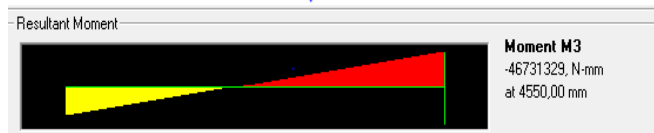


$$M_{2ns} = 28.398.703,2 \text{ Nmm}$$

Momen arah sumbu Y



$$M_{1ns} = 38.082.456,73 \text{ Nmm}$$



$$M_{2ns} = 46.731.329 \text{ Nmm}$$

Momen Akibat Pengaruh Beban Gravitasi :

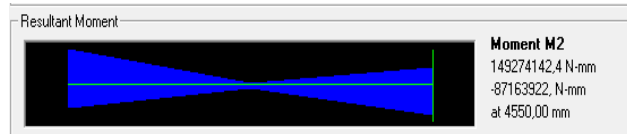
M_{1ns} : adalah nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

(SNI 03-2847-2002)

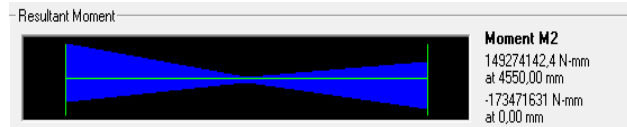
M_{2ns} : adalah nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

(SNI 03-2847-2002)

- Momen akibat pengaruh beban gempa
Momen arah sumbu X

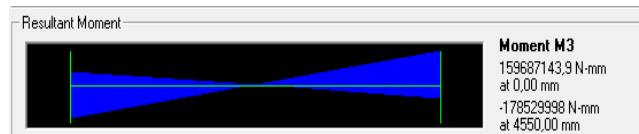


$$M_{1s} = 149.274.142,4 \text{ Nmm}$$

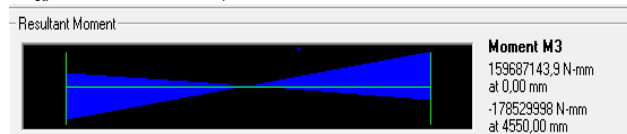


$$M_{2s} : 173.471.631 \text{ Nmm}$$

Momen arah sumbu Y



$$M_{1s} : 159.687.143,9 \text{ Nmm}$$



$$M_{2s} : 178.529.998 \text{ Nmm}$$

Momen Akibat Pengaruh Beban Gempa :

M_{1s} : momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm

(SNI 03-2847-2002)

M_{2s} : momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm

(SNI 03-2847-2002)

- Menghitung faktor β_d

β_d adalah rasio beban aksial tetap terfaktor yang bernilai maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum.

$$\begin{aligned}\beta_d &= \frac{Pu(1,2 \text{ X DL})}{Pu(1,2DL+1,6 \text{ LL})} \\ &= \frac{1,2 \times 891.169,71}{(1,2 \times 891.169,71) + (1,6 \times 256.351,67) \text{ N}} \\ &= 0,72\end{aligned}$$

- Menghitung faktor kekakuan (EI)

- Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\sum (EI/L)_{kolom}}{\sum (EI/L)_{balok}}$$

- Untuk kolom 50/50

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned}E_c &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \\ &= 23.500 \text{ N/mm}^2 \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1)}\end{aligned}$$

Momen Inersia Kolom

$$\begin{aligned}I_k &= 0,70 \cdot I_g \\ &= 0,70 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\ &= 0,70 \cdot (1/12 \cdot 500 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^3) \\ &= 3.645.833.333 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)

$$\begin{aligned}
 EI_k &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_k}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \cdot 23500 \text{ N/mm}^2 \cdot 3.645.833.333 \text{ mm}^4}{1 + 0,72} \\
 &= 1.9925 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)}
 \end{aligned}$$

- Untuk Balok 40/75 arah X
 dimensi balok = 400 mm x 750 mm
 panjang balok 1 = 6000 mm
 panjang balok 2 = 7950 mm

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f'c'} \\
 &= 4700 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 23.500 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1)}
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

$$\begin{aligned}
 I_b &= 0,35 \cdot I_g \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot 400 \text{ mm} \cdot (750 \text{ mm})^3) \\
 &= 0,35 \cdot 14.062.500.000 \text{ mm}^4 \\
 &= 4.921.875.000 \text{ mm}^4 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_b}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \cdot 23500 \text{ N/mm}^2 \cdot 4.921.875.000 \text{ mm}^4}{1 + 0,72} \\
 &= 2,6989 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)}
 \end{aligned}$$

- Untuk Balok 35/50 arah Y
 dimensi balok = 350 mm x 500 mm
 panjang balok 1 = 5400 mm
 panjang balok 2 = 5750 mm

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 23.500 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1})
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

$$\begin{aligned}
 I_b &= 0,35 \cdot I_g \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot 350 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^3) \\
 &= 0,35 \cdot 3.645.833.333 \text{ mm}^4 \\
 &= 1.276.041.667 \text{ mm}^4 \\
 &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_b}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \cdot 23500 \text{ N/mm}^2 \cdot 1.276.041.667 \text{ mm}^4}{1 + 0,72} \\
 &= 6,973 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 \\
 &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3})
 \end{aligned}$$

- Untuk Sloof 40/70

dimensi balok = 400 mm x 700 mm

arah sumbu X

panjang sloof 1 = 6000 mm

panjang sloof 2 = 7950 mm

arah sumbu Y

panjang sloof 1 = 5400 mm

panjang sloof 2 = 5750 mm

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 23.500 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1})
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

$$\begin{aligned}
 I_s &= 0,35 \cdot I_g \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot 400 \text{ mm} \cdot (700 \text{ mm})^3) \\
 &= 0,35 \cdot 11.433.333.333.330 \text{ mm}^4 \\
 &= 4.001.666.667 \text{ mm}^4 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_s &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_b}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \cdot 23500 \text{ N/mm}^2 \cdot 4.001.666.667 \text{ mm}^4}{1 + 0,72} \\
 &= 2.19 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)}
 \end{aligned}$$

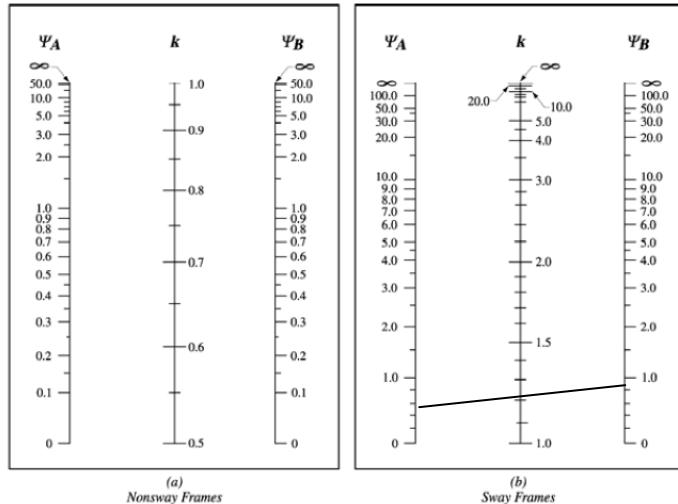
Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan diagram faktor panjang tekuk (K).

Kolom atas

$$\begin{aligned}
 \psi &= \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom}}}{\sum (EI/L)_{\text{balok}}} \\
 \psi &= \frac{\frac{1,9925 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{4550 \text{ mm}} + \frac{1,9925 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{3700 \text{ mm}}}{\frac{2,6989 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{8000 \text{ mm}} + \frac{2,6989 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{3000 \text{ mm}} + \frac{6,973 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2}{5750 \text{ mm}} + \frac{6,973 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2}{5400 \text{ mm}}} \\
 &= 0,562
 \end{aligned}$$

Kolom bawah

$$\begin{aligned}
 \psi &= \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom}}}{\sum (EI/L)_{\text{sloof}}} \\
 \psi &= \frac{\frac{1,9925 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{4550 \text{ mm}} + \frac{1,9925 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{2000 \text{ mm}}}{\frac{2,19 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{6000 \text{ mm}} + \frac{2,19 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{7950 \text{ mm}} + \frac{2,19 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{5750 \text{ mm}} + \frac{2,19 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{5400 \text{ mm}}} \\
 &= 0,825
 \end{aligned}$$



Gambar 4.65 Faktor Panjang Efektif (K)

(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.11.(6))

Dari grafik alligment kolom didapat $k = 1,21$

- Menghitung radius girasi (r)

$$r = \sqrt{\frac{Ik}{Ag}}$$

$$r = \sqrt{\frac{3.645.833.333}{250.000}}$$

$$r = 120,76 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan kolom

Kolom dianggap tanpa pengaku (unbraced)

Syarat :

nilai $\frac{k \cdot Lu}{r} < 22$ pengaruh kelangsingan diabaikan
(termasuk kolom pendek)

nilai $\frac{k \cdot Lu}{r} \geq 22$ pengaruh kelangsingan tidak diabaikan
(termasuk kolom langsing)

(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.13.2)

$$\begin{aligned}\frac{k \cdot Lu}{r} &= \frac{1,21 \cdot 4550 \text{ mm}}{120,76 \text{ mm}} \\ &= 45,59 \geq 22 \quad (\text{kolom langsing})\end{aligned}$$

maka pengaruh kelangsingan tidak diabaikan sehingga terjadi pembesaran momen.

- Menghitung nilai P_c (P kritis) pada kolom

$$\begin{aligned}P_c &= \frac{\pi^2 \cdot EI}{k \cdot lu^2} \\ &= \frac{\pi^2 \cdot (1.9925 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2)}{(1,21 \cdot 4550 \text{ mm})^2} \\ &= 6.470.832 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma P_c &= n \cdot P_c \\ &= 27 \cdot 6.470.832 \text{ N} \\ &= 174.712.472,2 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_u &= 1.069.403,65 \text{ N} \\ &= 27 \cdot 1.069.403,65 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\Sigma P_u = 28.873.898,55 \text{ N}$$

dimana :

ΣP_c = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat.

ΣP_u = jumlah seluruh beban vertikal terfaktor yang bekerja pada suatu tingkat. (diambil dari output SAP)

- Menghitung faktor pembesaran momen

Faktor pembesaran momen akibat pengaruh beban gempa

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.4.(3))

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{28.873.898,55 \text{ N}}{0,75 \cdot 174.712.472,2 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,28 \geq 1 \text{ (memenuhi)}$$

- Menghitung pembesaran momen

- Arah X

$$M_{1ns} = 27.485.029,17 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 28.398.703,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 149.274.142,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 173.471.631 \text{ Nmm}$$

$$M_1 = M_{1ns} + (\delta_s \cdot M_{1s})$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.3)

$$= 27.485.029,17 \text{ Nmm} + (1,22 \cdot 149.274.142,4 \text{ Nmm})$$

$$= 218.948.944,68 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + (\delta_s \cdot M_{2s})$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.3)

$$= 28.398.703,2 \text{ Nmm} + (1,22 \cdot 173.471.631 \text{ Nmm})$$

$$= 250.899.111,96 \text{ Nmm}$$

- Arah Y

$$M_{1ns} = 38.082.456,73 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 46.731.329 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} = 159.687.143,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 178.529.998 \text{ Nmm}$$

-

$$M_1 = M_{1ns} + (\delta_s \cdot M_{1s})$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.3)

$$= 38.082.456,73 \text{ Nmm} + (1,22 \cdot 159.687.143,9 \text{ Nmm})$$

$$= 240.902.429,81 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + (\delta_s \cdot M_{2s})$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.3)

$$= 46.731.329 \text{ Nmm} + (1,22 \cdot 178.529.998 \text{ Nmm})$$

$$= 275.719.765,33 \text{ Nmm}$$

Momen yang digunakan di dalam perhitungan adalah momen yang bernilai paling besar yang telah dihitung pembesaran nilainya yaitu 275.719.765,33 Nmm

- Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi pada buku ***Tabel Grafik dan Diagram Interaksi Untuk Perhitungan Struktur Beton berdasarkan SNI 1992.*** Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah :

$$\text{Mutu beton } f_c' = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mutu baja tulangan } f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Pemasangan tulangan} = 4 \text{ sisi}$$

$$\mu = 0,796$$

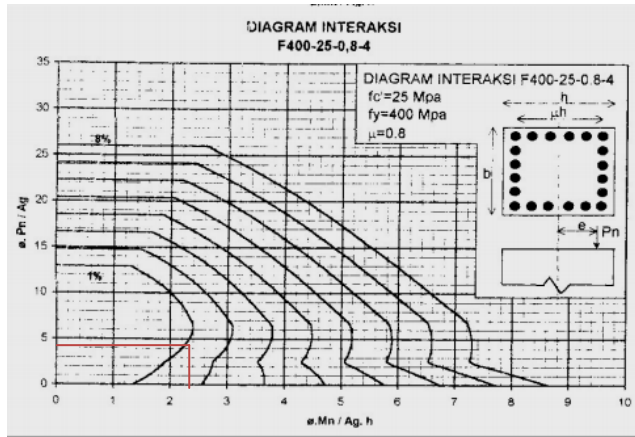
maka digunakan Diagram Interaksi F400-25-0,8-4

- Sumbu Horizontal

$$\frac{\phi Mn}{Ag \cdot h} = \frac{Mu}{b \cdot h^2} = \frac{275.719.765,33 \text{ Nmm}}{500 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^2} = 2,205 \text{ N/mm}^2$$

- Sumbu Vertikal

$$\frac{\phi Pn}{Ag} = \frac{Pu}{b \cdot h} = \frac{1.069.403,65 \text{ Nmm}}{500 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}} = 4,277 \text{ N/mm}^2$$



Grafik 4.66 Diagram Interaksi Kolom 1%

Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 1,5\% = 0,015$

• Menghitung penulangan kolom

- Luas tulangan lentur perlu

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot h \\ &= 0,015 \cdot 500 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} \\ &= 3750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas tulangan lentur

$$\begin{aligned} \text{luas tulangan D22} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{luas tulangan D22}} \\ &= \frac{3750 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\ &= 9,87 \approx 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \cdot \text{luas tulangan D22} \\ &= 12 \cdot 379,94 \text{ mm}^2 \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan 12 D-22 dipasang pada 4 sisi kolom. Dengan tiap sisi terdapat 4 buah tulangan.

- Cek jarak spasi tulangan

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} \quad \rightarrow \text{perbesar penampang kolom}$$

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{500 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (4 \cdot 22 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$S_{\max} = 104 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 104 \text{ mm} \geq S_{\text{sejajar}} = 40 \text{ mm} \text{ maka tulangan lentur disusun 1 lapis.}$$

- Persentase Tulangan Terpasang

$$= \frac{A_{\text{pasang}}}{b \cdot h}$$

$$= \frac{4559,28 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}}$$

$$= 0,018$$

$$= 1,8\%$$

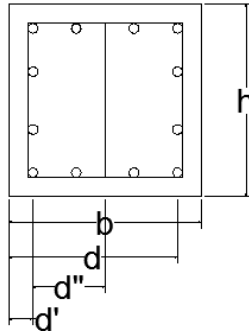
- Cek kondisi balance

- Tinggi efektif kolom

$$\begin{aligned} d &= b - \text{decking} - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ lentur} \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) \\ &= 439 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \phi \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \phi \text{ lentur} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d'' &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ lentur} - \frac{1}{2} b \\
 &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \text{ mm} \right) \\
 &= 189 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.67 Tinggi Efektif Kolom

$$\begin{aligned}
 e_{\min} &= (15 + 0.03 \cdot h) \\
 &= (15 + 0.03 \cdot 500 \text{ mm}) \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \\
 &= \frac{600}{600 + 400} \cdot 439 \\
 &= 263,40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ab &= \beta_1 \cdot X_b \\
 &= 0,85 \cdot 263,4 \text{ mm} \\
 &= 223,89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_s \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 4559,28 \cdot (400 - 0,85 \cdot 25) \\
 &= 1.726.827 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_b \\
 &= 0,85 \cdot 25 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 263,4 \\
 &= 2.378.831,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 4559,28 \cdot 400 \\
 &= 1.823.712 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= Cc' + C_s' - T \\
 &= 2.378.831,25 \text{ N} + 1.726.827 \text{ N} - 1.823.712 \text{ N} \\
 &= 2.281.946,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= P_b \times e_b \\
 &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 2.378.831,25 \left(439 - 189 - \frac{223,89}{2} \right) + \\
 &\quad 1.726.827 (439 - 189 - 61) + 1.823.712 (189) \\
 &= 999.461.476 \text{ N mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_b}{P_b} \\
 &= \frac{999.461.476}{2.281.946,6} \\
 &= 437,98 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{perlu}} &= \frac{M_u}{P_u} \\
 &= \frac{257.719.765,33}{1.069.403,65} \\
 &= 257,8257 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}}$$

< e_{balanced} (Kondisi Tekan Menentukan)

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tarik Menentukan)}$$

$$30 \text{ mm} < 257,8257 \text{ mm} < 437,986 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan.

- Cek kondisi kolom tekan menentukan

$$e = 230,593 \text{ mm} < e_{\text{balanced}} = 437,986 \text{ mm}$$

$$\text{diambil nilai } X = \frac{1}{2} \cdot 500 \text{ mm} = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0.003 \\ &= \left(\frac{439}{250} - 1 \right) \cdot 0.003 \\ &= 0,002\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{s'} &= A_{s'} \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_{c'}) \\ &= 2279,64 \cdot (400 - 0,85 \cdot 25) \\ &= 863413,65 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{c'} &= 0,85 \cdot f_{c'} \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X \\ &= 0,85 \cdot 25 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 333,33 \\ &= 3.010.416,67 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= A_s \cdot \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 600 \\ &= 867175,1 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= C_{c'} + C_{s'} - T \\ &= 3.010.416,67 \text{ N} + 863413,65 \text{ N} - 867175,1 \text{ N} \\ &= 3006655,26 \text{ N}\end{aligned}$$

$$P = 3006655,26 \text{ N} > P_b = 2.281.946,6 \text{ N}$$

(memenuhi)

$$\begin{aligned}M_n &= C_{c'} \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_{s'} (d - d'' - d') + \\ &\quad T \cdot d''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 3.010.416,67 \left(439 - 189 - \frac{212,5}{2} \right) + \\
&\quad 863413,65 (439 - 189 - 61) \\
&\quad + 867175,1 (189) \\
&= 653.209.737,66 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Syarat :

$M_n > M_u$

$653.209.737,66 \text{ Nmm} > 257.719.765,33 \text{ Nmm}$ (memenuhi)

Sehingga pada kolom K-1 dipakai tulangan utama pada kolom sebesar 12D22

4.8.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

• Data perencanaan :

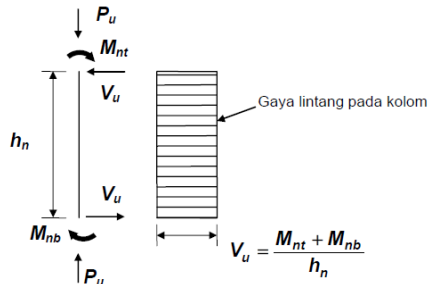
- L kolom : 4550 mm
- b kolom : 500 mm
- h kolom : 500 mm
- Kuat tekan beton (f_c') : 25 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur) : 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser (f_y geser) : 240 MPa
- Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur) : 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset geser) : 10 mm
- Faktor reduksi kekuatan geser (\emptyset) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

Berdasarkan data output SAP 2000 frame 549 didapatkan

- Gaya Aksial Kolom
 $P_u (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) = 1.069.403,65 \text{ N}$

Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM harus direncanakan sebagai berikut :



Gambar 4.68 Gaya Lintang Rencana Untuk SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.3)

Dimana :

M_{nt} = Momen nominal atas (top) kolom

M_{nb} = Momen nominal bawah (bottom) kolom

$$M_{nt} = 653.209.737,66 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 653.209.737,66 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n} \\ &= \frac{653.209.737,66 + 653.209.737,66}{4550} \\ &= 287125,2 \text{ N} \end{aligned}$$

• Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (SNI 03-2847-2002).

$$\begin{aligned} \sqrt{f_c'} &\leq \frac{25}{3} \\ \sqrt{25} &\leq \frac{25}{3} \\ 5 &\leq 8,33 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

- Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right] \cdot \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] \cdot b_w \cdot d \\
 &= \left[1 + \frac{1.069.403,65}{14 \cdot 250.000} \right] \cdot \left[\frac{\sqrt{25}}{6} \right] \cdot 500 \cdot 439 \\
 &= 238.805,74 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 500 \cdot 439 \\
 &= 73.166,67 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 439 \text{ mm} \\
 &= 365.833,33 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Cek Kondisi Geser

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \quad \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser} \\
 287125,2 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 238.805,74 \text{ N} \\
 287125,2 \text{ N} &\geq 89.552,152 \text{ N} \text{ (Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c &\leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tulangan Geser Minimum} \\
 89.552,152 \text{ N} &\leq 287125,2 \text{ N} \leq 179.104,30 \text{ N} \\
 &\quad \quad \quad \text{(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3

$\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s,min}) \rightarrow$ Tulangan geser minimum
 $179.104,30 \text{ N} \leq 296.368,15 \text{ N} \geq 220.960,38 \text{ N}$
 (Tidak Memenuhi)

Kondisi 4

$\phi(V_c + V_{s,min}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s,max}) \rightarrow$ Tulangan geser
 $220.960,38 \text{ N} \leq 296.368,15 \text{ N} \leq 440.460,38 \text{ N}$
 (Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan **Kondisi 4**.

Direncanakan tulangan geser $\phi 10 \text{ mm}$ dengan 2 kaki.

$$V_s = \frac{V_u - (V_c \times \phi)}{\phi}$$

$$= 161.484 \text{ N}$$

$$A_v = (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2) \cdot 3$$

$$= (1/4 \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 3$$

$$= 235,62$$

$$S_{\text{perlu}} = (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s$$

$$= (235,62 \cdot 439 \cdot 240) / 161.484$$

$$= 153,73 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = d/2$$

$$= 439/2$$

$$= 219,5$$

Cek persyaratan jarak :

- $S_{\text{perlu}} \geq S_{\text{max}}$
 $153,73 \geq 219,5$ (memenuhi)
- $S_{\text{perlu}} \leq 600 \text{ mm}$
 $153,73 \leq 600 \text{ mm}$ (memenuhi)

Dipakai tulangan geser $\phi 10 - 150 \text{ mm}$ dengan sengkang 2 kaki.

- Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Kolom

- a. Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang **Lo** dari muka hubungan balok-kolom **So**. Spasi **So** tersebut tidak boleh melebihi :

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.5))

- a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,

$$S_o \leq 8 \cdot D \text{ lentur}$$

$$150 \text{ mm} \leq 8 \cdot 22 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 182 \text{ mm (memenuhi)}$$

- b) 24 kali diameter sengkang ikat,

$$S_o \leq 24 \cdot \emptyset \text{ sengkang}$$

$$150 \text{ mm} \leq 24 \cdot 10 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm (memenuhi)}$$

- c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur,

$$S_o \leq \frac{1}{2} bw$$

$$150 \text{ mm} \leq \frac{1}{2} 500 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm (memenuhi)}$$

- d) $S_o \leq 300 \text{ mm}$

$$150 \leq 300 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol syarat penulangan geser tidak memenuhi, maka S_{pakai} menggunakan jarak minimum kontrol yaitu 150 mm.

Maka, dipakai S_o sebesar $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$.

Panjang **Lo** tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini :

- a) Seperenam tinggi bersih kolom,

$$L_o = \frac{1}{6} (4550 - 500) \text{ mm}$$

$$L_o = \frac{1}{6}(4050) \text{ mm}$$

$$L_o = 675 \text{ mm}$$

b) Dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o = 500 \text{ mm}$$

c) $L_o > 500 \text{ mm}$

Maka dipakai L_o sebesar 600 mm.

Sehingga di pasang sengkang sebesar $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ sejarak 700 mm dari muka hubungan balok kolom.

b. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \cdot S_o = 0,5 \cdot 150 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok-kolom.

c. Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \cdot S_o = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$.

Maka pada daerah setelah sejarak $L_o = 700 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok kolom tetap di pasang sengkang sebesar $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$.

4.8.3 Perhitungan Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,07 \cdot f_y \cdot d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ MPa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.16.1)

$$0,07 \cdot f_y \cdot d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \cdot 400 \cdot 22 \geq 300 \text{ mm}$$

$$616 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 616 mm

4.8.4 Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.(3)*, panjang penyaluran untuk tulangan D22 harus di ambil sebesar :

Tabel 4.14 Panjang Penyakuran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut beton bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang ℓ_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f'_c}}$
atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b		
Kasus-kasus lain	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10 \sqrt{f'_c}}$

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 f_y}{25 \sqrt{f'_{cr}}} \cdot \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right)}$$

Dimana,

l_d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

β = faktor pelapis

d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai

α = faktor lokasi penulangan

c = spasi atau dimensi selimut beton

K_{tr} = indeks tulangan transversal, sebagai penyederhanaan perencanaan, diperbolehkan mengasumsikan $K_{tr} = 0$ bahkan untuk kondisi dimana tulangan transversal dipasang.

Tabel 4.15 Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

α = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyakuran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
β = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_s$ atau spasi bersih kurang dari $6d_s$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.4)

λ = faktor beton agregat ringan
 γ = faktor ukuran batang tulangan

Tabel 4.16 Faktor Beton Agregat Ringan

γ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
λ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila f_{cd} disyaratkan, maka λ boleh diambil sebesar $\sqrt{f_{cd}} / (1,8f_{cd})$ tetapi tidak kurang dari	
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.4)

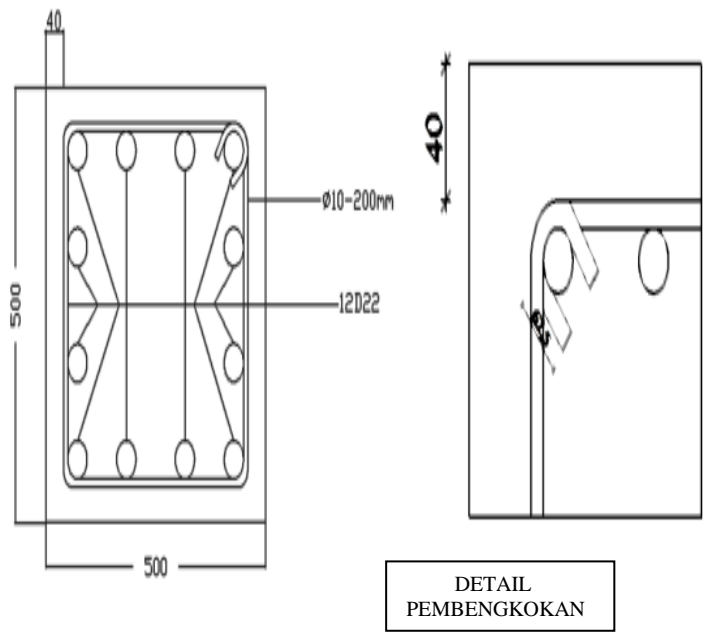
$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \cdot 400}{10 \sqrt{25}} \times \frac{1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1}{\left(\frac{40+0}{22}\right)}$$

$$\frac{l_d}{d_b} = 59,4$$

$$l_d = 59,4 \cdot 22$$

$$l_d = 1.306,8 \text{ mm} \approx 1.350 \text{ mm}$$

4.8.5 Gambar Detail Penulangan Kolom



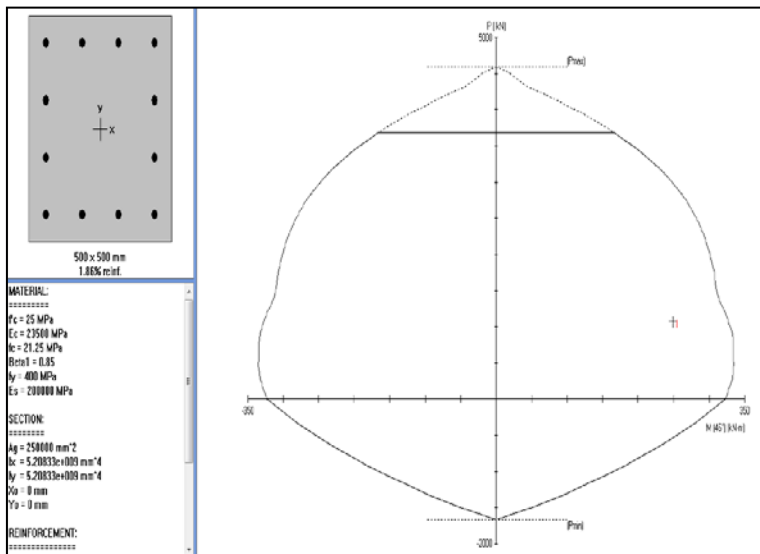
Gambar 4.69 Penulangan Kolom (50/50)

Cek dengan program PCACOL

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis PCACOL, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :

Mutu beton (f_c')	$= 25 \text{ N/mm}^2$
Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur)	$= 400 \text{ N/mm}^2$
Modulus Elastisitas (E_c)	$= 23.500 \text{ N/mm}^2$
β_1	$= 0,85$
b kolom	$= 400 \text{ mm}$
h kolom	$= 400 \text{ mm}$

Tulangan Kolom Pasang **12 D 22**



Gambar 4.70 Akibat Momen Pada Program PCACOL

```

Material Properties:
=====
f'c   = 25 MPa           fy   = 400 MPa
Ec    = 23500 MPa        Es   = 200000 MPa
Ultimate strain = 0.003 mm/mm
Beta1 = 0.85

Section:
=====
Rectangular: Width = 500 mm      Depth = 500 mm

Gross section area, Ag = 250000 mm^2
Ix = 5.20833e+009 mm^4          Iy = 5.20833e+009 mm^4
Xo = 0 mm                      Yo = 0 mm

Reinforcement:
=====
Rebar Database: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)
-----
# 10      10      71      # 13      13      129      # 16      16      199
# 19      19      284      # 22      22      387      # 25      25      510
# 29      29      645      # 32      32      819      # 36      36      1006
# 43      43     1452      # 57      57     2581

Confinement: Tied; #10 ties with #32 bars, #10 with larger bars.
phi(a) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 4644 mm^2 at 1.86%
12 #22 Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)
=====
No.      Pu      Mux      Muy      fMnx      fMny      fMn/Mu
-----
1      1069.0    173.5    178.5    228.1     234.7     1.315

*** Program completed as requested! ***

```

Gambar 4.71 Akibat Momen Pada Program PCACOL

Momen kapasitas penampang yang dihasilkan pada program PCACOL adalah :

Untuk Arah X

$$\phi M_n > M_u$$

$$228,1 \text{ KNm} > 173,5 \text{ KNm}$$

$$228.100.000 \text{ Nmm} > 173.500.000 \text{ Nmm (memenuhi)}$$

Untuk Arah Y

$$\phi M_n > M_u$$

$$234,7 \text{ KNm} > 178,5 \text{ KNm}$$

$$234.700.000 \text{ Nmm} > 178.500.000 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi pada perencanaan dipasang tulangan kolom K-1 Frame pada lantai 1 sebanyak 12D22.

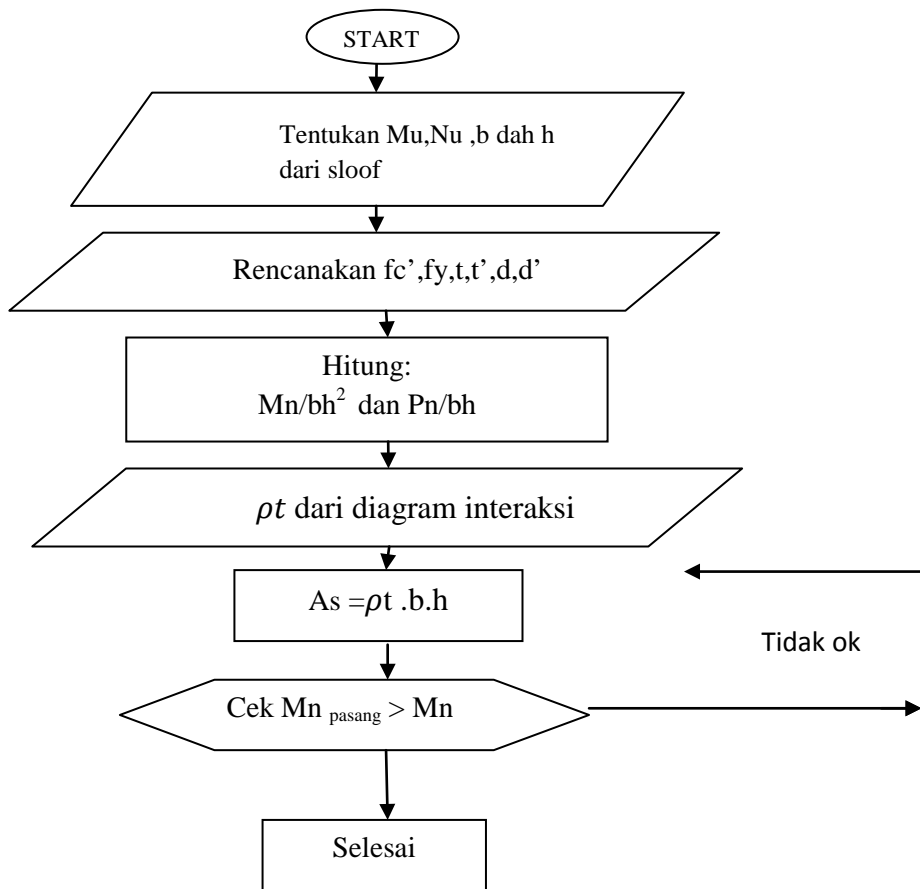
$$\begin{aligned} \text{- Luasan tulangan lentur pasang} \\ A_{s_{\text{pasang}}} &= n \cdot \text{luas tulangan D22} \\ &= 12 \cdot 380,13 \text{ mm}^2 \\ &= 4561,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{4561,56 \text{ mm}^2}{(500 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm})} = 0,018 = 1,8\%$$

Kesimpulan :

Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh analisis program PCACOL lebih besar daripada momen ultimate perhitungan manual (M_u manual) oleh penampang kolom dan tulangannya, maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi, dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

4.9 Perhitungan Sloof



4.9.1 Perhitungan Penulangan Lentur Sloof

Untuk pembebanan sloof ini didapat dari analisa struktur SAP 2000 dengan daerah tinjauan frame 487 karena merupakan bentang terpanjang dan memiliki nilai momen yang besar yang didapat dari kombinasi 1,4 DL

- Data Perencanaan Sloof :
 - As sloof : Frame 487
 - Bentang sloof : 9000 mm
 - Dimensi sloof : 40/70
 - Kuat tekan beton (f_c') : 25 MPa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur) : 400 MPa
 - Kuat leleh tulangan geser (f_y geser) : 240 MPa
 - Diameter tulangan lentur (\emptyset lentur) : 25 mm
 - Diameter tulangan geser (\emptyset geser) : 10 mm
 - Tebal selimut beton (decking) : 75 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.4)

- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar): 40 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.3)

- Faktor β_1 : 0,85

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3))

- Faktor reduksi kekuatan lentur (\emptyset) : 0,8

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1))

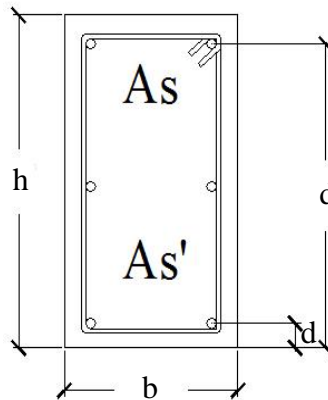
- Faktor reduksi kekuatan geser (\emptyset) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

Maka, tinggi efektif sloof :

$$\begin{aligned}
 &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 25 \text{ mm}) \\
 &= 602,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 75 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 25 \text{ mm}) \\
 &= 97,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

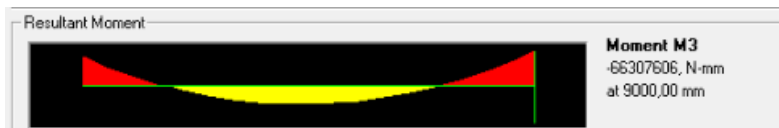


Gambar 4.72 Tinggi efektif balok

HASIL OUTPUT DAN DIAGRAM GAYA DALAM DARI ANALISA SAP 2000

A. Momen yang terjadi

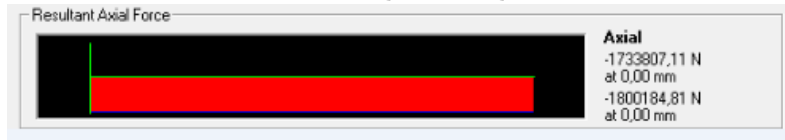
Dari kombinasi 1,4D



$$M_u = 66.307.606 \text{ Nmm}$$

B. Gaya Aksial Kolom

Dari kombinasi 1,2DL+1LL+EQX+0,3EQY



P.kolom Kanan = 1.733.807,11 N

Dari kombinasi 1,2DL+1LL+EQX+0,3EQY

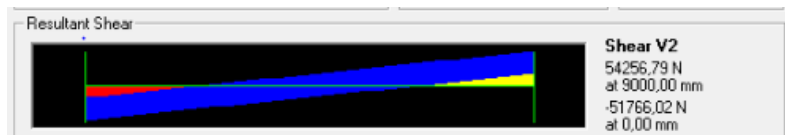


P.kolom Kiri = 1.722.857,09 N

Maka diambil P.max = 1.733.807,11 N

C. Gaya Geser

Dari kombinasi 1,2DL+1LL+EQX+0,3EQY



$V_u = 54.256,79 \text{ N}$

- Perhitungan Momen Nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{66.307.606 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 82.884.508 \text{ Nmm}$$

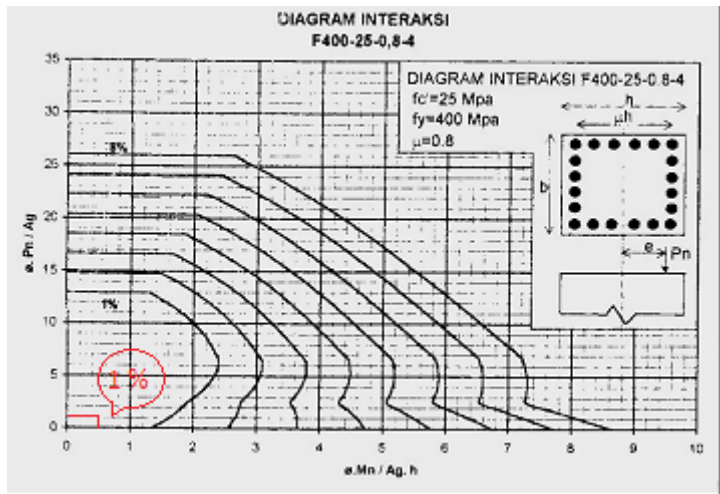
- Gaya tarik (P_n) yang terjadi pada sloof :
 $10\% \cdot P \text{ kolom} = 10\% \times 1.733.807,11 \text{ N}$
 $= 173.380,711 \text{ N}$

Sumbu Horizontal

$$\frac{Mn}{b \cdot h^2} = \frac{82.884.508 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \cdot (700 \text{ mm})^2} = 0,423 \text{ N/mm}^2$$

Sumbu Vertikal

$$\frac{Pn}{b \cdot h^2} = \frac{173.380,711 \text{ N}}{400 \text{ mm} \cdot (700 \text{ mm})^2} = 0,619 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 4.73 Diagram interaksi untuk $f_c' = 25 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Dari diagram interaksi di dapatkan nilai $\rho_{\text{perlu}} = 1\% = 0,01$

Luas Tulangan Lentur Perlu

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot h \\ &= 0,01 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 700 \text{ mm} \\ &= 2800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 \text{luas tulangan D19} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \\
 &= 490,625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Pasang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{\text{luas tulangan D25}} \\
 &= \frac{2800 \text{ mm}^2}{490,625 \text{ mm}^2} \\
 &= 5,7 \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Pasang

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= n \cdot \text{luas tulangan D25} \\
 &= 6 \cdot 490,625 \text{ mm}^2 \\
 &= 2943,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{perbesar penampang kolom}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 3D25 dan tulangan tekan 1 lapis 3D25

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 75 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (3 \cdot 25 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$S_{\max} = 192,5 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 192,5 \text{ mm} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \quad \text{(dipasang 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 75 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (3 \cdot 25 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$S_{\max} = 192,5 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 192,5 \text{ mm} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \quad \textbf{(dipasang 1 lapis)}$$

Tinggi balok gaya tekan beton

$$a = \left(\frac{A_s \text{ pasang} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \right)$$

$$= \left(\frac{2.943,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 400 \text{ mm}} \right)$$

$$= 138,5294 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 400 \times 138,5294 \text{ mm}$$

$$= 1177500 \text{ N}$$

Cek momen nominal pasang

$$Mn_{\text{pasang}} = C_c' \times (d - a)$$

$$= 1177500 \text{ N} \times (602,5 - 138,5294 \text{ mm})$$

$$= 672629558,8 \text{ N.mm}$$

Maka,

$$\theta Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$0,8 \cdot 672629558,8 \text{ N.mm} > 66.307.606 \text{ N.mm}$$

$$538.103.647,1 \text{ N.mm} > 66.307.606 \text{ N.mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk Sloof S1 (40/70)

➤ **Tulangan tarik 1 lapis**

Lapis 1 : 3D25

➤ **Tulangan Tekan 1 Lapis**

Lapis 1 : 3D25

4.9.2 Perhitungan Penulangan Geser

Data Perencanaan balok sebagai berikut :

f_c'	= 25 Mpa
f_y	= 240 MPa
β_1	= 0,85
Φ reduksi	= 0,75

(SNI 03-2847-2002, Pasal 11.3.2.3)

lebar (b)	= 400 mm
tinggi (h)	= 700 mm
\emptyset tulangan sengkang	= 10 mm

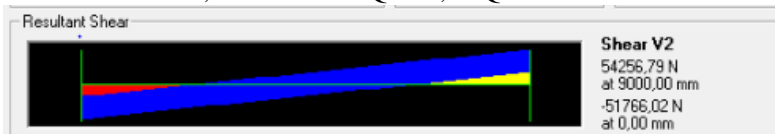
Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada **S1 (45/70) frame 487** didapatkan :

Mn-kiri (Mnl)	= 672.629.558,8 Nmm (Mn.pasang)
Mn-kanan (Mnr)	= 672.629.558,8 Nmm (Mn.pasang)

Berdasarkan hasil output dan diagram dalam akibat kombinasi

Hasil output diagram gaya geser

Dari kombinasi 1,2DL+1LL+EQX+0,3EQY



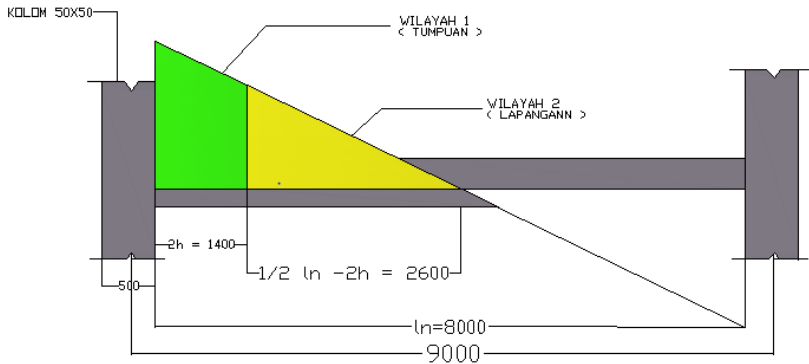
$V_u = 54.256,79 \text{ N}$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

Wilayah 1 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (SNI 03-2847-2002 ,pasal 23.10.4.2)

Wilayah 2(daerah lapangan)dimulai wilayah 1 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok



Gambar 4.74 Pembagian Wilayah Geser Pada Sloof

Syarat Kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (*SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.2.1*).

$$\begin{aligned}\sqrt{f_c'} &\leq \frac{25}{3} \\ \sqrt{25} &\leq \frac{25}{3} \\ 5 &\leq 8,33 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1.1)} \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 605,5 \text{ mm} \\ &= 213.500 \text{ N}\end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 605,5 \text{ mm} \\ &= 85400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 605,5 \text{ mm} \\ &= 427.000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 605,5 \text{ mm} \\ &= 854.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah 1 (Daerah Tumpuan)

Gaya geser terfaktor (V_u) = 56.424 N

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 2.3.10.3.(1))

Dimana :

V_u : Gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : M_n aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : M_n aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : Panjang bersih balok

Maka :

$$V_{ul} = \frac{672.629.558,8 \text{ Nmm} + 672.629.558,8 \text{ Nmm}}{8000} + 54.256,79 \text{ N}$$

$$= 222.414,2 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Geser

$$222.414,2 \text{ N} \leq 80062,5 \text{ N} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$$80.062,5 \text{ N} \leq 222.414,2 \text{ N} \leq 160.125 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 3

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s.min}) \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$$160.125 \text{ N} \leq 222.414,2 \text{ N} \leq 224.175 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan

Kondisi 3

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 \text{ mm}$ dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah}$$

$$= (0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2) \cdot 2$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu geser ditambah luasan tambahan puntir tranversal untuk geser

$$A_v \text{ perlu} = A_v + (2 \times (A_t/s))$$

$$= 157 + (2 \times 0,04)$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$S_{perlu} = \frac{A_v \cdot 3 \cdot f_y}{b_w}$$

$$= \frac{157,08 \times 3 \times 240}{400}$$

$$= 282,744 \text{ mm}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$S_{max} \leq \frac{d}{2}$$

$$282,744 \text{ mm} \leq \frac{605,5 \text{ mm}}{2}$$

$$282,744 \text{ mm} \leq 320,25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$282,744 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm (memenuhi)}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$.

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang . Sengkang pertama dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan .

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- i) $d/4$
- j) Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- k) 24 kali diameter sengkang
- l) 300 mm

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.4.(2))

$$S_{pakai} \leq \frac{d}{4}$$

$$200 \text{ mm} \leq \frac{605,5 \text{ mm}}{4}$$

$$200 \text{ mm} \leq 160,125 \text{ mm} \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 8 \times D \text{ lentur}$$

$$200 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

$$S_{pakai} \leq 24 \times D_{sengkang}$$

$$200 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{pakai} \leq 300 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Karena tidak semua memenuhi syarat ,maka penulangan geser sloof diambil pada jarak spasi terkecil , Jadi untuk S1 (40/70) Frame 487 pada wilayah 1 (daerah tumpuan) dipasang tulangan geser Ø10-150 dengan sengkang 2 kaki .

2. Pada wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Pada wilayah dua perhitungan geser menggunakan perbandingan segitiga :

$$\frac{V_{u2}}{\frac{1}{2}l_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{\frac{1}{2}l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (\frac{1}{2}l_n - 2h)}{\frac{1}{2}l_n}$$

$$= \frac{222414,2 \times (\frac{1}{2}8000 - 1400)}{\frac{1}{2}8000}$$

$$= 144.569\text{N}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$144.569\text{N} \leq 80.062,5 \text{ N} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$$80.062,5 \text{ N} \leq 144.569 \text{ N} \leq 160.125 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan **Kondisi 2**

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 \text{ mm}$ dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah} \\ &= (0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2) \cdot 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= A_v + (2 \times (A_t/s)) \\ &= 157 + (2 \times 0,04) \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot 3 \cdot f_y}{b_w} \\ &= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \cdot 3 \cdot 240}{400} \\ &= 282,744 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq \frac{d}{2} \\ 282,744 \text{ mm} &\leq \frac{605,5 \text{ mm}}{2} \\ 282,6 \text{ mm} &\leq 302,75 \text{ mm} \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

$$S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$282,744 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm (memenuhi)}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$.

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang . Sengkang pertama dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan .

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a) $d/4$
- b) Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c) 24 kali diameter sengkang
- d) 300 mm

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.4.(2))

$$S_{pakai} \leq d/4$$

$$200 \text{ mm} \leq \frac{605,5 \text{ mm}}{4}$$

$$200 \text{ mm} \leq 160,125 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 8 \times D \text{ lentur}$$

$$200 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \times D_{sengkang}$$

$$200 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$S_{pakai} \leq 300 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm (memenuhi)}$$

Karena tidak semua memenuhi syarat ,maka penulangan geser sloof diambil pada jarak spasi terkecil , Jadi untuk S1 (40/70)

Frame 487 pada wilayah 2 (daerah lapangan) dipasang tulangan geser Ø10-150 dengan sengkang 2 kaki .

4.9.3 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan **SNI 03-2847-2002 pasal 14.**

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.**

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(**SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.1**)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002 Tabel 11 Pasal 14.2** sebagai berikut :

Tabel 4. 17 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut beton bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang ℓ_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5\sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10\sqrt{f'_c}}$

(**SNI 03-2847-2002 tabel 11 pasal 14.2**)

Dimana,

λd = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

- d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai
 α = faktor lokasi penulangan
 β = faktor pelapis

Tabel 4.18 Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

α = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
β = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4)

- λ = faktor beton agregat ringan

Tabel 4.19 Faktor Beton Agregat Ringan

γ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
λ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila f_{ct} disyaratkan, maka λ boleh diambil sebesar $\sqrt{f'_c} / (1,8f_{ct})$ tetapi tidak kurang dari	1,0
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4)

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\lambda_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot d_b}{25 \cdot \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= \frac{3 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 19 \text{ mm}}{25 \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 273,6 \text{ mm} \geq 275 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{2800 \text{ mm}^2}{2943,75 \text{ mm}^2} \cdot 275 \text{ mm}$$

$$= 261,5 \text{ mm} \approx 270 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 270 mm.

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan ***SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.***

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.1)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2 panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan dengan f_y sama dengan 400 MPa adalah :

$$\begin{aligned} \lambda_{hb} &= \frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \cdot d_b \\ &= \frac{100 \cdot 19 \text{ mm}}{\sqrt{25}} \geq 8 \cdot 19 \text{ mm} \\ &= 380 \text{ mm} \geq 152 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d$$

$$\begin{aligned}\lambda_{dreduksi} &= \frac{2800 \text{ mm}^2}{2943,75 \text{ mm}^2} \cdot 380 \text{ mm} \\ &= 361,44 \text{ mm} \approx 362 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 362 mm.

Untuk pembengkokan tulangan dengan sudut 90^0 maka ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas kait.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1)

$$\begin{aligned}12 \cdot d_b &= 12 \cdot 19 \text{ mm} \\ &= 228 \text{ mm} \approx 230 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.9.4 Kontrol Retak

Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian hingga nilai :

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 30 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang di dalam ruangan) dan

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 25 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar)

(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4)

$$\begin{aligned}d_c &= \text{decking} + (0,5 \cdot D \text{ lentur}) \\ &= 75 \text{ mm} + (0,5 \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 84,5 \text{ mm} \approx 85 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \frac{2d_c \cdot b_w}{n}, \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan} \\ &= \frac{2 \cdot 85 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm}}{5} \\ &= 13.600 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

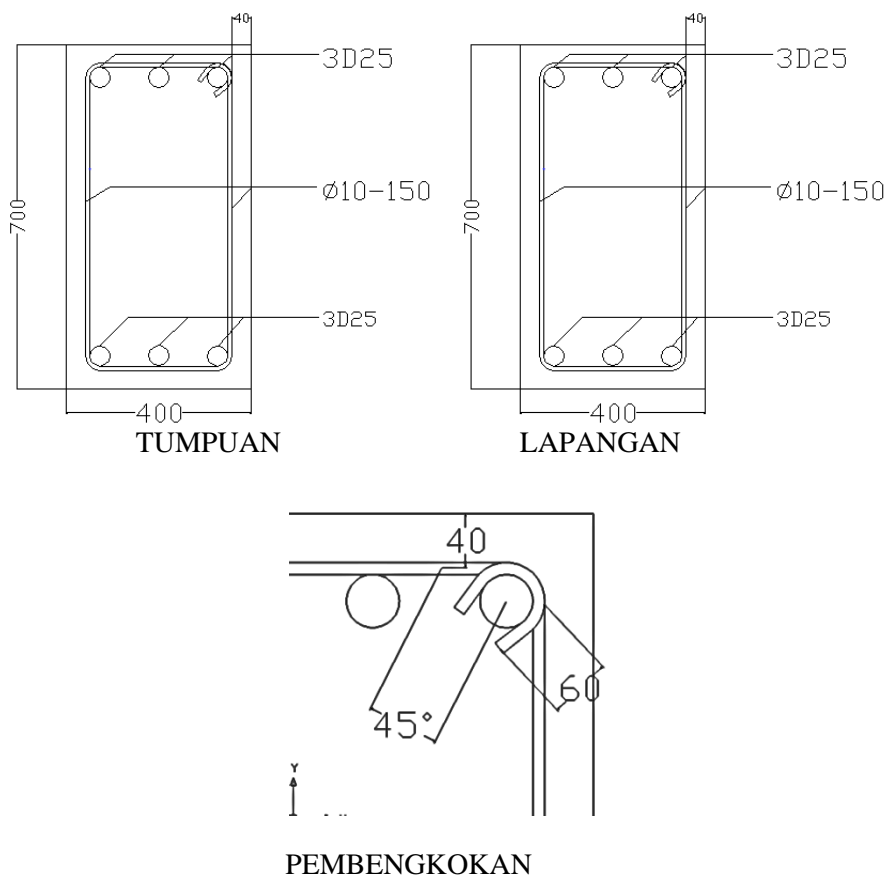
$$\begin{aligned}
 z &= f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\
 z &= 0,6 f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 0,6 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt[3]{50 \text{ mm} \cdot 13.600 \text{ mm}^2} \\
 &= 21104,78 \text{ N/mm} \\
 &= 21,104 \text{ MN/mm} < 30 \text{ MN/mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternative terhadap perhitungan nilai z, dapat dilakukan dengan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}
 \omega &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 400 \cdot \sqrt[3]{85 \cdot 13600 \text{ mm}} \\
 &= 0,3 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$.

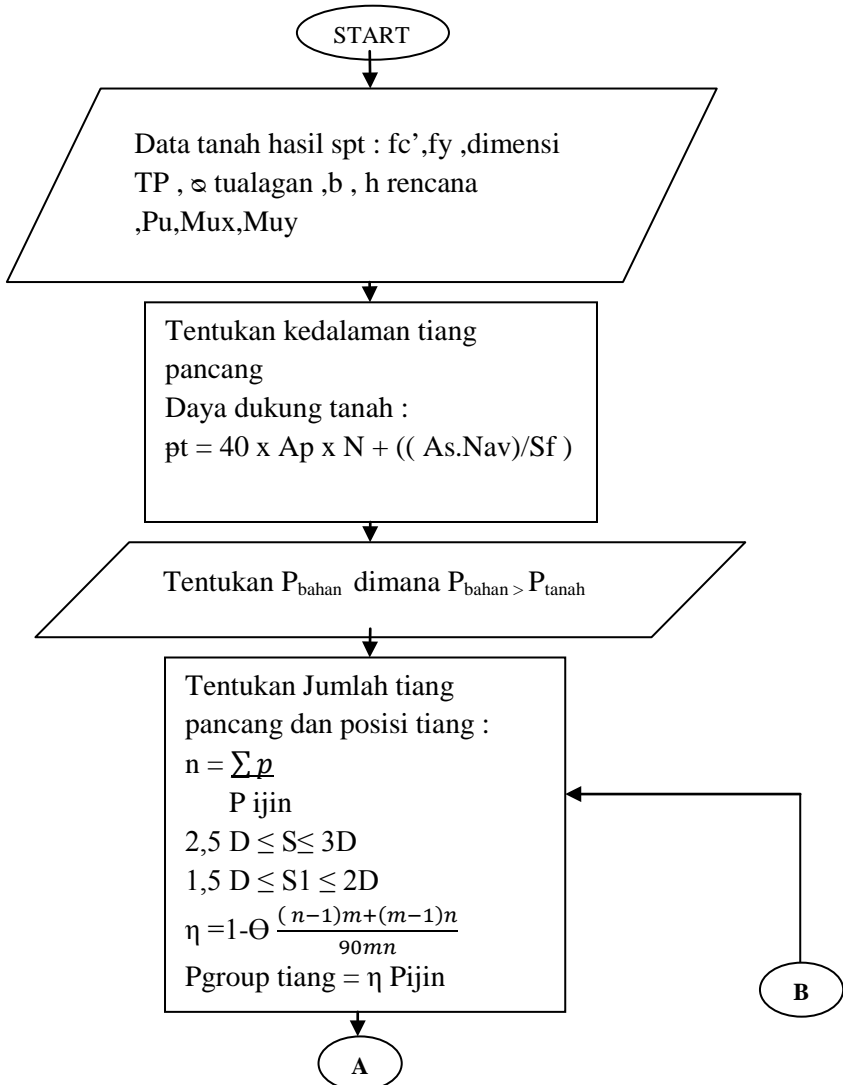
4.9.5 Gambar Detailing penulangan Sloof

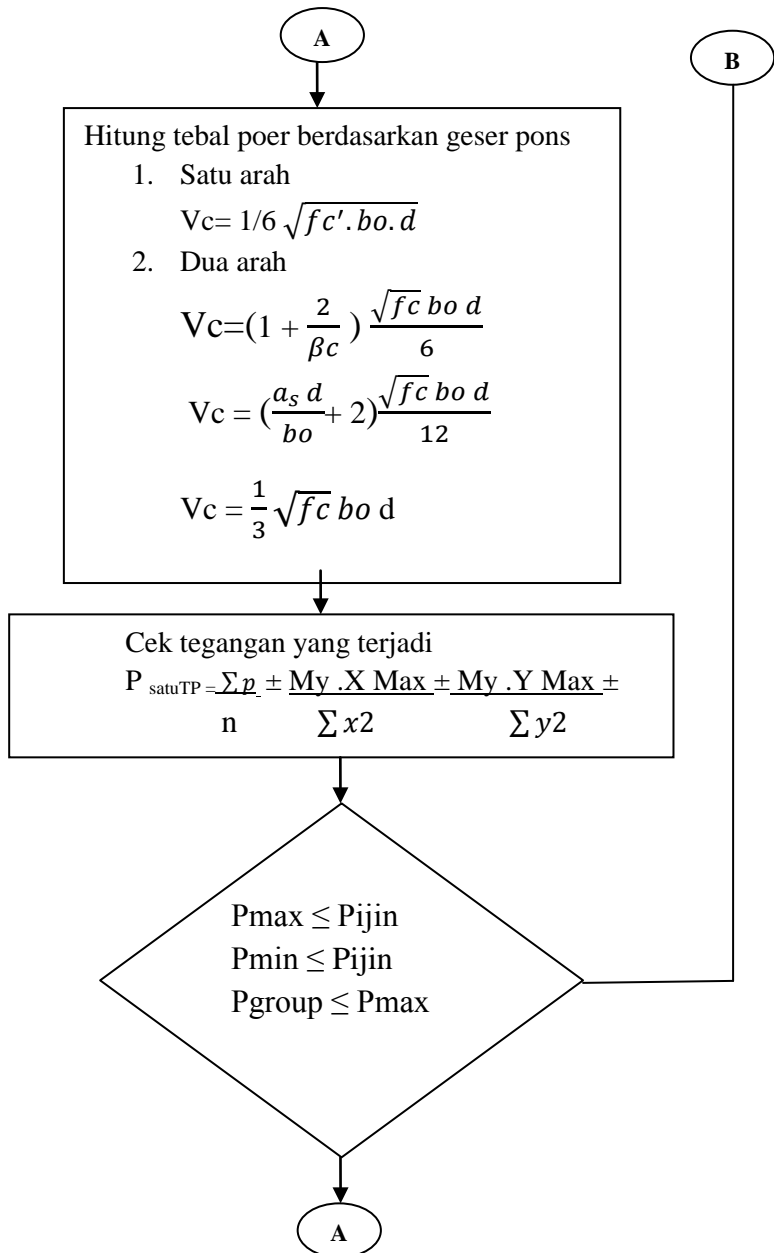


Gambar 4. 75 Detail penulangan lentur, geser, dan pembengkokan tulangan pada S1 (40/70) frame 487

4.10 PERHITUNGAN PONDASI DAN POER

Diagram alur perhitungan pondasi
Perencanaan tiang pancang dan poer





A

Hitung :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$M_n = M_u / 0,8$$

$$R_n = M_n / b d^2$$

As pasang \geq As
perlu

Gambar rencana

Selesai

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

Q_u : Daya dukung ultimate tiang (Ton)

Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang

Q_p : Daya dukung ujung tiang

Q_s : Daya dukung selimut tiang

N : Nilai SPT pada ujung tiang

N_{av} : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

A_p : Luas permukaan ujung tiang (m^2)

A_s : Luas selimut tiang (m^2)

SF : Angka keamanan ($SF=3$)

4.10.1.2 Kekuatan Tanah dan Kekuatan Bahan

Nilai SPT pada ujung tiang :

$$\begin{aligned} N &= 19 \text{ blow/feet} \\ &= \frac{19}{0,3408} = 55,751 \text{ blow/m} \end{aligned}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

N_{av} = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

Nilai SPT = $1+1+1+5+19 = 27$ blow/feet

$$\begin{aligned} N_{av} &= \frac{27 \text{ blow/feet}}{5} = 5,4 \text{ blow/feet} \\ &= \frac{5,4 \text{ blow/feet}}{0,3408} = 15,85 \text{ blow/m} \end{aligned}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

Daya Dukung Ijin Tiang

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

Luas permukaan ujung tiang

$$\begin{aligned} A_p &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 40\text{cm}^2 \\ &= 1257 \text{ cm}^2 \\ &= 0,1257 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas selimut tiang

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times d \times l \\ &= \pi \times 40 \times 1300 \\ &= 163362,8 \text{ cm}^2 \\ &= 16,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate tiang

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ Q_u &= (40 \times N \times A_p) + (\frac{NAV \times A_s}{5}) \\ &= (40 \times N \times A_p) + (\frac{NAV \times A_s}{5}) \\ &= (40 \cdot 55,751 \cdot 0,1257) + (\frac{15,85 \times 16,34}{5}) \\ &= 332,11 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{Q_{ijin}}{SF} \\ &= \frac{332,11}{3} = 110,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi kekuatan ijin pancang adalah 110,7 ton

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIJAYA KARYA untuk diameter 40 cm tipe A2-K600 , didapat :

400	75	A2	766	191	6-16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50

$$Q_b = 121,10 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{bahan}} > Q_{\text{ijin tiang}}$$

$$121,10 \text{ ton} > 110,7 \text{ ton}$$

Maka kekuatan tiang pancang yang digunakan berdasarkan kekuatan tanah 110,7 ton

4.10.1.3 Kelompok Tiang Pancang

Berdasarkan Output SAP 2000 pada joint 324 diperoleh :

- Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)
 - P = 169.938,69 kg
 - M_x = -250,29 kg.m
 - M_y = -35,87 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQ_x)
 - P = 195.825,28kg
 - M_x = 11371,13 kg.m
 - M_y = 169,4 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQ_y)
 - P = 193864,15 kg
 - M_x = 2106,64 kg.m
 - M_y = 46,01 kg.m

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S) menurut buku karangan **Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2** disebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (s) :

2,5 D	\leq	s	\leq	3D
2,5 x 40	\leq	s	\leq	3 x 40
100	\leq	s	\leq	120
Dipakai s	= 100 cm			
Arah x	= 100cm			
Arah y	= 100 cm			

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer (s')

1,5 D	\leq	s	\leq	2D
1,5 x 40	\leq	s	\leq	2 x 44
60	\leq	s	\leq	80

Dipakai s' = 60 cm

Perencanaan ketebalan poer tipe 1

Panjang = 2,20 m

Lebar = 2,07 m

4.10.1.4 Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi dengan metode AASHTO

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

m = banyaknya kolom

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

$$\begin{aligned}\theta &= \text{arc tg } D/s \\ &= \text{arc tg } 40/100 = 21,80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \\ &= 1 - 21,80 \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \right) \\ &= 0,76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{ijin tanah}} &= 0,76 \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 0,76 \cdot 110.700 \text{ kg} \\ &= 84.132 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}P_{\text{ijintanah}} &= 84.132 \text{ kg} < P_{\text{ijin bahan}} \\ &= 84.132 \text{ kg} < 121.100 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Maka dipakai } P_{\text{ijin}} = 84.132 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{ijin tanah total}} &= \text{jumlah tiang} \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 3 \cdot 84.132 \text{ kg} \\ &= 252.396 \text{ kg}\end{aligned}$$

4.10.1.5 Perencanaan Tebal Pile Cap (Poer)

$$\begin{aligned}q_t &= \frac{P_{\text{ijin tanah total}}}{\text{luasan poer}} = \frac{252.396 \text{ kg}}{220 \text{ cm} \cdot 207 \text{ cm}} \\ &= 5,54 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,554 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai d terbesar di antara keduanya).

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi , dimana V_c diambil dari persamaan berikut :

a. Geser 1 arah

- Luas Tributari Area (A_t)

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{P_{poer} - b_{kolom} - 2d}{2} \times l_{poer} \\
 &= \frac{2200 - 500 - 2d}{2} \times 2070 \\
 &= (850 - d) \times 2070 \\
 &= 1759500 - 2070d
 \end{aligned}$$

- Beban Gaya Geser (V_u)

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_t \cdot A_t \\
 &= 0,554 \cdot (1759500 - 2070d) \\
 &= 974763 - 1146,78d
 \end{aligned}$$

- Gaya Geser yang mampu dipikul oleh beton V_c (N)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.8.6)

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

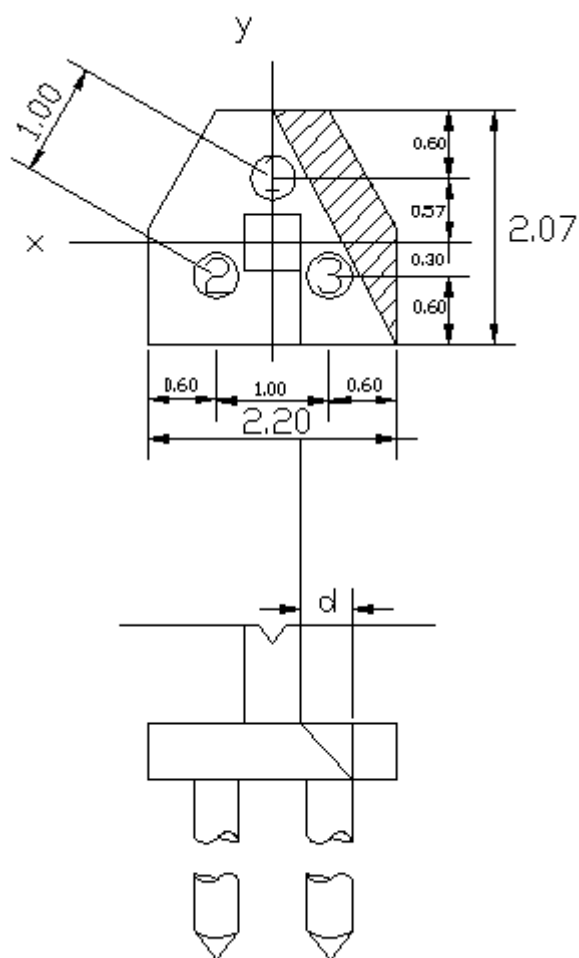
$$974763 - 1146,78d \leq 0,75 \cdot \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 2200 \cdot d$$

$$974763 - 1146,78d \leq 1375d$$

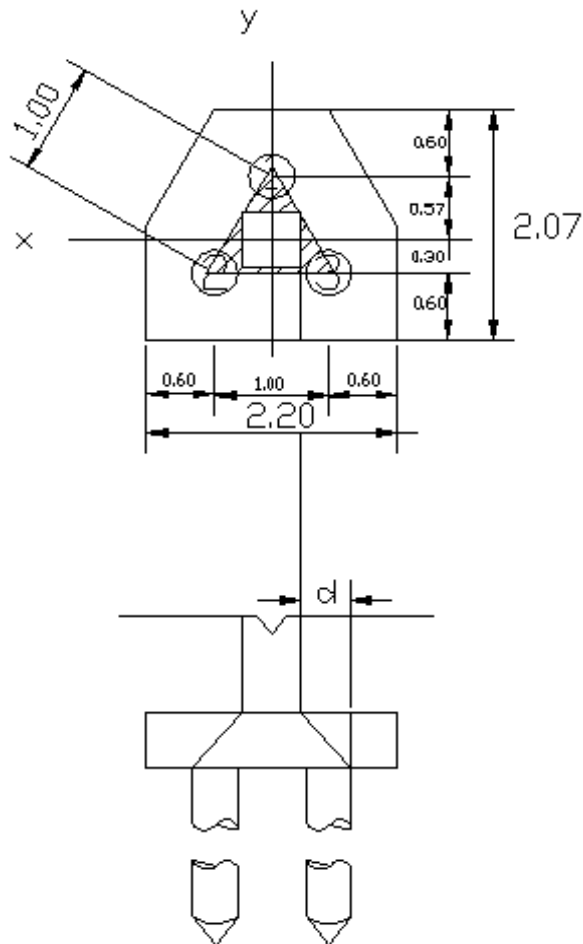
$$974763 \leq 1375d + 1146,78d$$

$$974763 \leq 2521,78d$$

$$d \geq 386,549 \text{ mm}$$



Bidang kritis d dari muka kolom
 (SNI 03-2847-2002,psl 13.1.(3) ,gbr 7)
Gambar 4.76 Geser Satu Arah Pada Poer

b. Geser Dua Arah


Bidang kritis tidak boleh lebih dekat dari $d/2$

Dari ketiga sisi muka kolom

(SNI 03-2847-2002,psl 13.12.(2))

Gambar 4.77 Geser Dua Arah Pada Poer

Berdasarkan **SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a), (b), dan (c)**, untuk perencanaan pelat atau fondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 500/500 = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$\begin{aligned} &= (2 \cdot (500+500)) + 4d \\ &= 2000 + 4d \end{aligned}$$

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$$

Dimana :

$\alpha_s = 40$ untuk kolom dalam

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

▪ Luas Tributari Area (A_t)

$$A_t = (L_{poer} \times B_{poer}) - ((L_{kolom} + \text{tebal}_{poer}) \times (B_{kolom} + \text{tebal}_{poer}))$$

$$A_t = (2200 \times 2070) - ((500+d) \times (500+d))$$

$$A_t = (4.554.000) - (250.000 + 1000d + d^2)$$

$$A_t = 4.554.000 - 250.000 - 1000d - d^2$$

$$A_t = 4.554.000 - 1000d - d^2$$

▪ Beban Gaya Geser (V_u)

$$V_u = q_t \times A_t$$

$$V_u = 0,554 \times (4.554.000 - 1000d - d^2)$$

$$V_u = 2.552.916 - 554d - 0,554d^2$$

$$V_u = -0,554d^2 - 554d + 2.552.916$$

Persamaan 1 (SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a))

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot ((2 \times (500 + 500)) + 4d) \cdot d \\ &= 2,5 \times (4d + 2000) \times d \\ &= 2,5 \times (4d^2 + 2000d) \\ &= 10d^2 + 5000d \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$10d^2 + 5000d \geq -0,554 d^2 - 554 d + 2.552.916$$

$$10d^2 + 5000d + 0,554 d^2 + 554 d - 2.552.916 \geq 0$$

$$10,554 d^2 + 5554 d - 2.552.916 \geq 0$$

$$d^2 + 526,2 d - 239.048 \geq 0$$

$$d_{12} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} \geq \frac{-526,2 \pm \sqrt{526,2^2 - 4 \times 1 \times (-239.048)}}{2 \times 1}$$

$$d_{12} \geq -263,1 \pm 555$$

$$d_1 \geq -263,1 - 555$$

$$d_1 \geq -818,1 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -263,1 + 555$$

$$d_2 \geq 291,9 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 \geq 291,9 \text{ mm}$$

Persamaan 2 (SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (b))

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{bo} + 2 \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'} \cdot bo \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = \left(\frac{40 d}{4d + 2000} + 2 \right) \left(\frac{\sqrt{25'} \cdot (4d + 2000) \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = \left(\frac{40d + 8d + 4000}{4d + 2000} \right) \left(\frac{\sqrt{25'} \cdot (4d + 2000) \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = (40d + 8d + 4000) \left(\frac{\sqrt{25' d}}{12} \right)$$

$$V_c = (48 d + 4000) 0,417d$$

$$V_c = 20,016 d^2 + 1668 d$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$20,016 d^2 + 1668 d \geq -0,554 d^2 - 554 d + 2.552.916$$

$$20,016 d^2 + 1668 d + 0,554 d^2 + 554 d - 2.552.916 \geq 0$$

$$20,5 d^2 + 2222 d - 2.552.916 \geq 0$$

$$d^2 + 108,39 d - 124.532,49 \geq 0$$

$$d_{12} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} \geq \frac{-108,39 \pm \sqrt{108,39^2 - 4 \times 1 \times (-124.532,49)}}{2 \times 1}$$

$$d_{12} \geq -54,195 \pm 357,02$$

$$d_1 \geq -54,195 - 357,02$$

$$d_1 \geq -411,215 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -54,195 + 357,02$$

$$d_2 \geq 302,825 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 \geq 302,825 \text{ mm}$$

Persamaan 3(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (c))

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{25} \cdot (4d + 2000) \times d$$

$$V_c = 1,67 \cdot (4d + 2000) \times d$$

$$V_c = (6,68d + 3340) \times d$$

$$V_c = 6,68d^2 + 3340d$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$6,68d^2 + 3340d \geq -0,554d^2 - 554d + 2.552.916$$

$$6,68d^2 + 3340d + 0,554d^2 + 554d - 2.552.916 \geq 0$$

$$7,234d^2 + 3894d - 2.552.916 \geq 0$$

$$d^2 + 538,29d - 352905,17 \geq 0$$

$$d_{13} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{13} \geq \frac{-538,29 \pm \sqrt{538,29^2 - 4 \times 1 \times (-352905,17)}}{2 \times 1}$$

$$d_{13} \geq -269,145 \pm 652,2$$

$$d_1 \geq -269,145 - 652,2$$

$$d_1 \geq -921,345 \text{ mm}$$

$$d_3 \geq -269,145 + 652,2$$

$$d_3 \geq 383,055 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_3 \geq 383,055 \text{ mm}$$

Maka diambil d terbesar berdasarkan geser ponds dua arah akibat kolom yaitu $d \geq 389,546 \text{ mm}$

Dari keempat persamaan diatas , didapatkan harga d yang paling memenuhi $d \geq 389,546 \text{ mm}$ (nilai terbesar) . Jadi diperoleh tebal poer :

- Dipakai d = 389,546 mm
- Dipakai h = tebal selimut + D.tulangan Poer + $1/2$ D tul poer + d rencana
 $= 75 + 19 + (1/2 \cdot 19) + 389,546$
 $= 493,046 \approx 500 \text{ mm}$

Cek Terhadap Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,07 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang , tetapi tidak kurang dari 300 mm .

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.16.1)

$$0,07 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \times 400 \times 19 \geq 532 \text{ mm}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan **12db** pada ujung bebas kait

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.16.1)

$$L = 12 d_b$$

$$= 12 \times 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm}$$

$$L_d \text{ vertikal} = 532 \text{ mm} - 228 \text{ mm}$$

$$= 304 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat} = h > L_d$$

$$= 500 \text{ mm} > 304 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipakai tebal Poer (h) = 500 mm

4.10.1.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Berdasarkan Output SAP 2000 pada joint 324 diperoleh :

- Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)
 - P = 169.938,69 kg
 - M_x = -794,15 kg.m
 - M_y = -250,29 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQ_x)
 - P = 195.825,28kg
 - M_x = 1983,81 kg.m
 - M_y = 11371,13 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQ_y)
 - P = 193864,15 kg
 - M_x = 8717,47 kg.m
 - M_y = 2106,64 kg.m

1. Perencanaan Akibat Beban Tetap

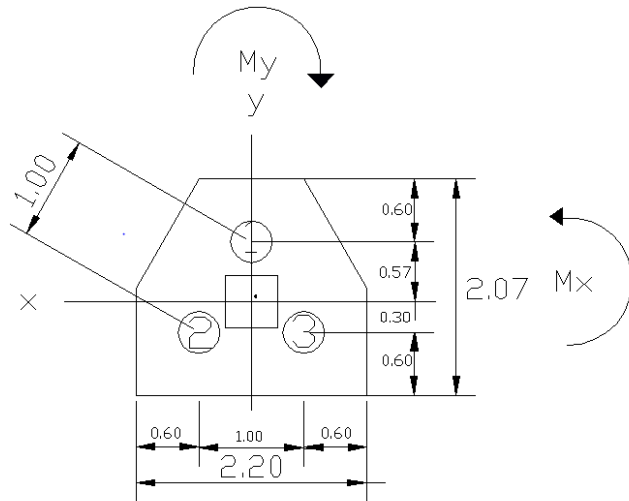
Dari hasil output SAP 2000 joint 324 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= 169.938,69 \text{ kg} \\
 M_x &= -794,15 \text{ kg.m} \\
 M_y &= -250,29 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $2,07 \times 2,20 \times 0,5 \times 2400 = 5464,8 \text{ kg}$
- P_{max}
$$\begin{aligned}
 &= 169.938,69 \text{ kg} + \\
 \Sigma p &= 175.403,49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{175.403,49 \text{ kg}}{84.132 \text{ kg}} = 2,1 \approx 3 \text{ buah}$$



Gambar 4.78 Arah Gaya Pada Poer P1 Akibat Beban Tetap

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.20 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x²
X1	0	0
X2	0,5	0,25
X3	0,5	0,25
Σx²	0	0,5

	y (m)	y²
Y1	0,57	0,3249
Y2	0,30	0,09
Y3	0,30	0,109
Σx²	0	0,5049

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y.X}{\sum x^2} + \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{175.403,49 \text{ kg}}{3} + \frac{-250,29 \text{ kgm} \cdot (0)}{0,5} + \frac{-794,15 \text{ kgm} \cdot (0,57)}{0,5049}$$

$$P_1 = 57571,29 \text{ kg}$$

➤

$$P_2 = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y.X}{\sum x^2} + \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{175.403,49 \text{ kg}}{3} - \frac{-250,29 \text{ kgm} \cdot (0,5)}{0,5} + \frac{-794,15 \text{ kgm} \cdot (0,3)}{0,5049}$$

$$P_2 = 59189,99 \text{ kg}$$

➤

$$P_3 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_3 = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y.X}{\sum x^2} - \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_3 = \frac{175.403,49 \text{ kg}}{3} + \frac{-250,29 \text{ kgm} \cdot (0,5)}{0,5} - \frac{-794,15 \text{ kgm} \cdot (0,3)}{0,5049}$$

$$P_3 = 58689,41 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\max} = 59189,99 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

$$P_{\max} = 59189,99 \text{ kg} < 84.132 \text{ kg (memenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas pada joint 324 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 3 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) .

2. Perencanaan Akibat Beban Sementara

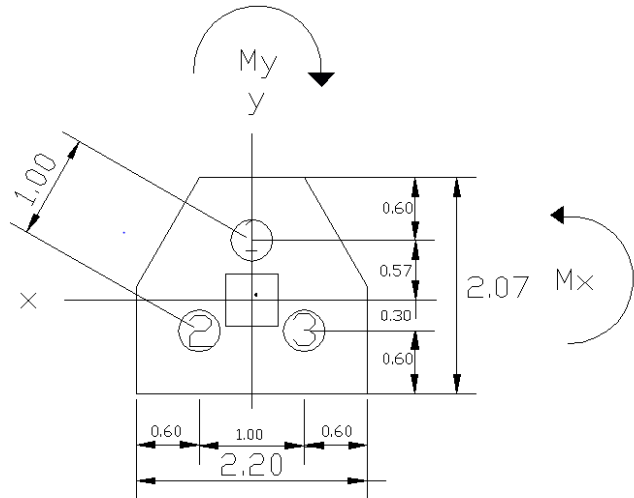
Dari hasil output SAP 2000 joint 324 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL + EQx) diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= 195.825,28 \text{ kg} \\ M_x &= 1983,81 \text{ kg.m} \\ M_y &= 11371,13 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $2,07 \times 2,20 \times 0,5 \times 2400 = 5464,8 \text{ kg}$
- P.max
$$\begin{aligned} &= 195.825,28 \text{ kg} + \\ &\Sigma p = 201.290,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{201.290,08 \text{ kg}}{84.132 \text{ kg}} = 2,4 \approx 3 \text{ buah}$$



Gambar 4.79 Arah Gaya Pada Poer P1 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.21 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x²
X1	0	0
X2	0,5	0,25
X3	0,5	0,25
Σx²	0	0,5

	y (m)	y²
Y1	0,57	0,3249
Y2	0,30	0,09
Y3	0,30	0,109
Σx²	0	0,5049

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{201.290,08 \text{ kg}}{3} + \frac{11371,13 \text{ kgm} \cdot (0)}{0,5} + \frac{1983,81 \text{ kgm} (0,57)}{0,5049}$$

$$P_1 = 69336,29 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_2 = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{201.290,08 \text{ kg}}{3} - \frac{11371,13 \text{ kgm} \cdot (0,5)}{0,5} + \frac{1983,81 \text{ kgm}(0,3)}{0,5049}$$

$$P_2 = 56904,3 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright \quad P_3 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2} \\
 P_3 &= \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y.X}{\sum x^2} - \frac{M_x.Y}{\sum y^2} \\
 P_3 &= \frac{201.290,08 \text{ kg}}{3} + \frac{11371,13 \text{ kgm (0,5)}}{0,5} - \frac{1983,81 \text{ kgm (-0,3)}}{0,5049} \\
 P_3 &= 77289,09 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka diambil $P_{\max} = 77289,09 \text{ kg}$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\max} = 73114,21 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 77289,09 \text{ kg} < 1.3 \times P_{\text{ijin tanah}} \\
 &= 77289,09 \text{ kg} < 1.3 \times 84.132 \\
 &= 77289,09 \text{ kg} < 109.371,6 \text{ kg (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas pada joint 324 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 3 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQx).

3. Perencanaan Akibat Beban Sementara

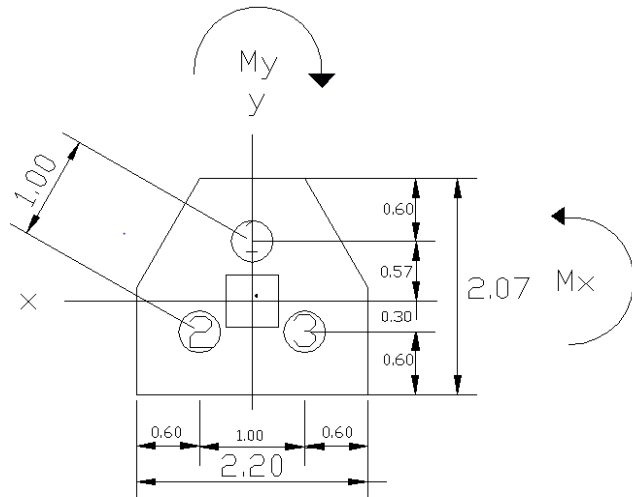
Dari hasil output SAP 2000 joint 324 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL + EQy) diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= 193864,15 \text{ kg} \\ M_x &= 8717,47 \text{ kg.m} \\ M_y &= 2106,64 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $2,07 \times 2,20 \times 0,5 \times 2400 = 5464,8 \text{ kg}$
- P.max $\frac{= 193864,15 \text{ kg} +}{\Sigma p = 199.328,95 \text{ kg}}$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{199.328,95 \text{ kg}}{84.132 \text{ kg}} = 2,4 \approx 3 \text{ buah}$$



Gambar 4.80 Arah Gaya Pada Poer P1 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.22 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x²
X1	0	0
X2	0,5	0,25
X3	0,5	0,25
Σx²	0	0,5

	y (m)	y²
Y1	0,57	0,3249
Y2	0,30	0,09
Y3	0,30	0,109
Σx²	0	0,5049

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{199.328,95 \text{ kg}}{3} + \frac{2106,64 \text{ kgm} (0)}{0,5} + \frac{8717,47 \text{ kgm} \cdot (0,57)}{0,5049}$$

$$P_1 = 76284,45 \text{ kg}$$

➤

$$P_2 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{199.328,95 \text{ kg}}{3} - \frac{2106,64 \text{ kgm} (-0,5)}{0,5} + \frac{8717,47 \text{ kgm} (-0,3)}{0,5049}$$

$$P_2 = 69516,06 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2} \\
 P_3 &= \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} - \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2} \\
 P_3 &= \frac{199.328,95 \text{ kg}}{3} + \frac{2106,64 \text{ kgm (0,5)}}{0,5} - \frac{8717,47 \text{ kgm (-0,3)}}{0,5049} \\
 P_3 &= 63369,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka diambil $P_{\max} = 70007,91 \text{ kg}$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\max} = 76284,45 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 76284,45 \text{ kg} < 1.3 \times P_{\text{ijin tanah}} \\
 &= 76284,45 \text{ kg} < 1.3 \times 84.132 \\
 &= 76284,45 \text{ kg} < 109.371,6 \text{ kg (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas pada joint 324 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 3 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQy) .

4.10.1.7 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

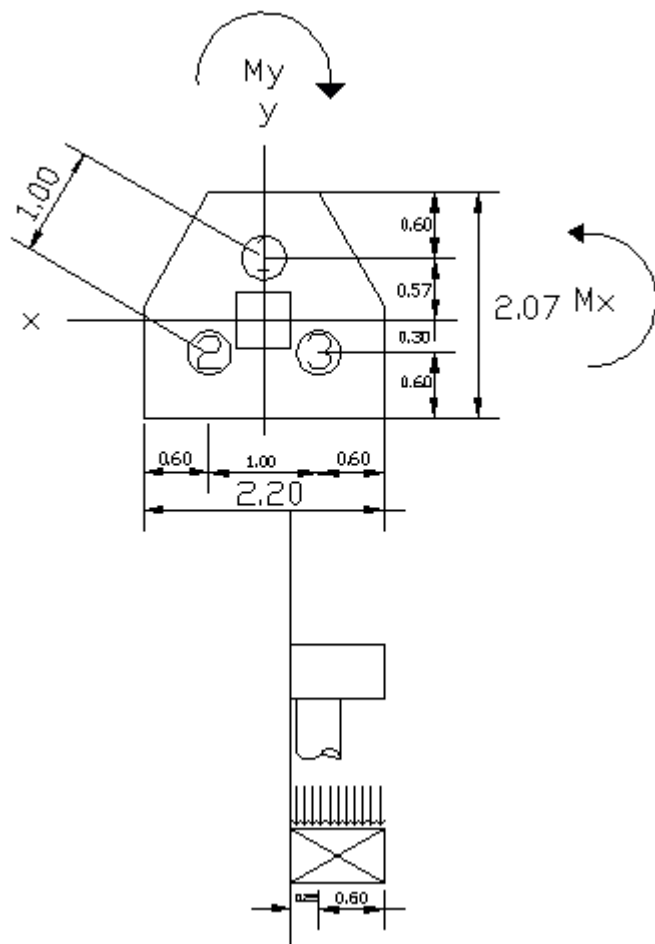
▪ Data Perencanaan

- Dimensi poer	= 2,20 m x 2,07 m x 0,5 m
- Jumlah tiang pancang	= 3 buah
- Dimensi kolom	= 50 cm x 50 cm
- Mutu beton (f_c')	= 25 MPa
- Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
- Diameter tulangan utama	= 19 mm
- Selimut beton (p)	= 75 mm
- ϕ	= 0,8
- h	= 500 mm

$$\begin{aligned}
 - dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\
 &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 415,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - dy &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\
 &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 396,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1. Penulangan Poer Arah Sumbu X



Gambar 4.81 Mekanika Gaya Pada Poer Arah X

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :
 Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 q_u &= \text{berat poer} \\
 &= 2,07 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 2484 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= q_u \times l \\
 &= 2484 \text{ kg} \times (0,25 \text{ m} + 0,6 \text{ m}) \\
 &= 2484 \text{ kg} \times 0,85 \text{ m} \\
 &= 2111,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

P_{\max} = Beban tiang dari bawah akibat beban sementara
(1DL+1LL+1Ex)

$$P_1 = 68447,51 \text{ kg}$$

$$P_2 = 59657,26 \text{ kg}$$

$$P_3 = 73114,21 \text{ kg}$$

Ambil P terbesar = 73114,21 kg

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 M_u &= MQ - MP \\
 &= (Q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom}) \\
 &= (2111,4 \text{ kg} \times 0,425) - (73114,21 \times 0,25) \\
 &= -17381,2075 \text{ kgm} \\
 &= -173812075 \text{ Nmm} \\
 &= 173812075 \text{ Nmm (ambil nilai mutlak)}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{173812075 \text{ Nmm}}{0,8} = 217265093,8 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{217265093,8 \text{ Nmm}}{2070 \text{ mm} \cdot (415,5 \text{ mm})^2} = 0,6$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
&= 18,82 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right] \\
&= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,6}{400}} \right] \\
&= 0,002 \\
\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3}) \\
&= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
&= 0,027 \\
\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1}) \\
\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3}) \\
&= 0,75 \cdot 0,027 \\
&= 0,02
\end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}
\rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \\
0,0035 &< 0,002 < 0,02 \quad (\text{tidak memenuhi})
\end{aligned}$$

maka, ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\begin{aligned}
\rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \cdot 0,002 = 0,0026 < \rho_{\text{min}} \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}} \\
A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d
\end{aligned}$$

$$= 0,0035 \cdot 2070 \text{ mm} \cdot 415,5 \text{ mm}$$

$$= 3010,29 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} \leq 2 \cdot 500 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \leq 1000 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\emptyset 19$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 2070 \text{ mm}}{3010,29 \text{ mm}^2}$$

$$S = 194,9 \text{ mm} < 1000 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

sehingga,

$$S_{pakai} = 150$$

$$A_{S_{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 2070 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

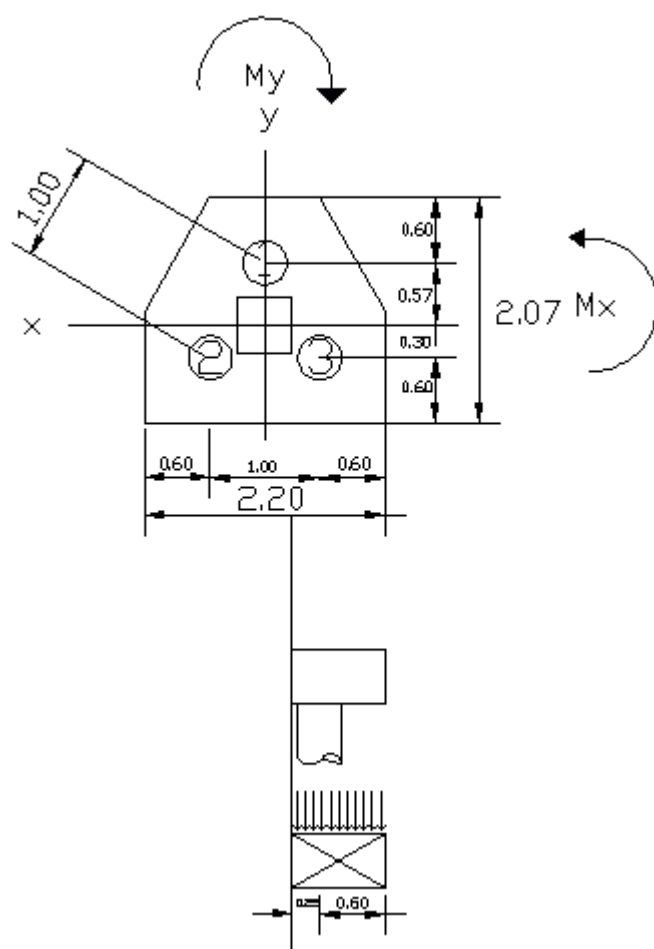
$$= 3912,69 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{S_{pakai}} = 3912,69 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} = 3010,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan $\emptyset 19-150$

2. Penulangan Poer arah sumbu Y



Gambar 4.82 Mekanika Gaya Pada Poer Arah Y

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :
Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 2,20 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= \text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \times l \\ &= 2640 \text{ kg} \times (0,25 \text{ m} + 0,6 \text{ m}) \\ &= 2640 \text{ kg} \times 0,85 \text{ m} \\ &= 2244 \text{ kg} \end{aligned}$$

P_{\max} = Beban tiang dari bawah akibat beban sementara
(1DL+1LL+1Ey)

$$\begin{aligned} P_1 &= 72378,9 \text{ kg} \\ P_2 &= 62072,28 \text{ kg} \\ P_3 &= 64565,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ambil P terbesar = 72378,9 kg

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= MQ - MP \\ &= (Q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom}) \\ &= (2244 \times 0,425) - (72378,9 \times 0,25) \\ &= -17141,05 \text{ kgm} \\ &= -171410500 \text{ Nmm} \\ &= 171410500 \text{ Nmm (ambil nilai mutlak)} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{171410500 \text{ Nmm}}{0,8} = 214263125 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{214263125 \text{ Nmm}}{2200 \text{ mm} \cdot (396,5 \text{ mm})^2} = 0,6$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
&= 18,82 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right] \\
&= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,6}{400}} \right] \\
&= 0,002 \\
\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3}) \\
&= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
&= 0,027 \\
\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1}) \\
\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3}) \\
&= 0,75 \cdot 0,027 \\
&= 0,02
\end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \\
0,0035 < 0,002 < 0,02 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

maka, ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,002 = 0,0026 < \rho_{\text{min}} \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 2200 \text{ mm} \cdot 396,5 \text{ mm}$$

$$= 3053,05 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} \leq 2 \cdot 500 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \leq 1000 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\emptyset 19$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 2200 \text{ mm}}{3053,05 \text{ mm}^2}$$

$$S = 204 \text{ mm} < 1000 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

sehingga,

$$S_{pakai} = 150$$

$$A_{S_{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 2200 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$= 4158,4 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{S_{pakai}} = 4158,4 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} = 3053,05 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka penulangan poer arah sumbu Y dipasang tulangan $\emptyset 19-150$

4.10.1.8 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan Kolom

Berdasarkan **PBBI '71** psl **8.6.1** dan **8.6.2** panjang penyaluran dasar (L_d') adalah :

$$L_d' = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{au}^*$$

Dimana :

A = Luas penampang (cm^2)

σ_{au}^* = **Kekuatan baja rencana menurut PBBI'71 tabel**

10.4.3

F_y = Tegangan leleh baja : 400 Mpa

σ_{bk} = Kekuatan tekan beton : $f_c = 25$ Mpa

Diameter kawat pengikat minimal 2,5 mm

$$L_d' = 0,07 \times \frac{\left(\frac{1}{4}\pi d^2\right) \times 0,87 \times f_y}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times f_y$$

$$L_d' = 0,07 \times \frac{2,835 \times 0,87 \times 4000}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 4000$$

$$L_d' = 43,68 \text{ cm} \geq 23,4 \text{ cm}$$

Diambil $L_d' = 43,68 \text{ cm}$

Panjang penyaluran

$$(L_d) = L_d' \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 43,68 \text{ cm} \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 48,92 \text{ cm} > 30 \text{ cm (memenuhi)}$$

Diambil $L_d = 50 \text{ cm}$

$$\sigma_{kait} = K \times \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana} \quad : K &= 0,035 \times \sigma_{au}^* && \leq 100 \\ &= 0,035 \times 0,87 \times f_y && \leq 100 \\ &= 0,03 \times 0,87 \times 4000 && \leq 100 \\ &= 121,800 && \leq 100 \end{aligned}$$

Jadi nilai K diambil 100

$$\begin{aligned} \sigma_{kait} &= 100 \times \sqrt{250} \\ &= 1581,139 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Panjang penyaluran ekivalen (L'_{dek})

$$L'_{dek} = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{kait}$$

$$L'_{dek} = 0,07 \times \frac{2,835 \times 1518,139}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 1581,139$$

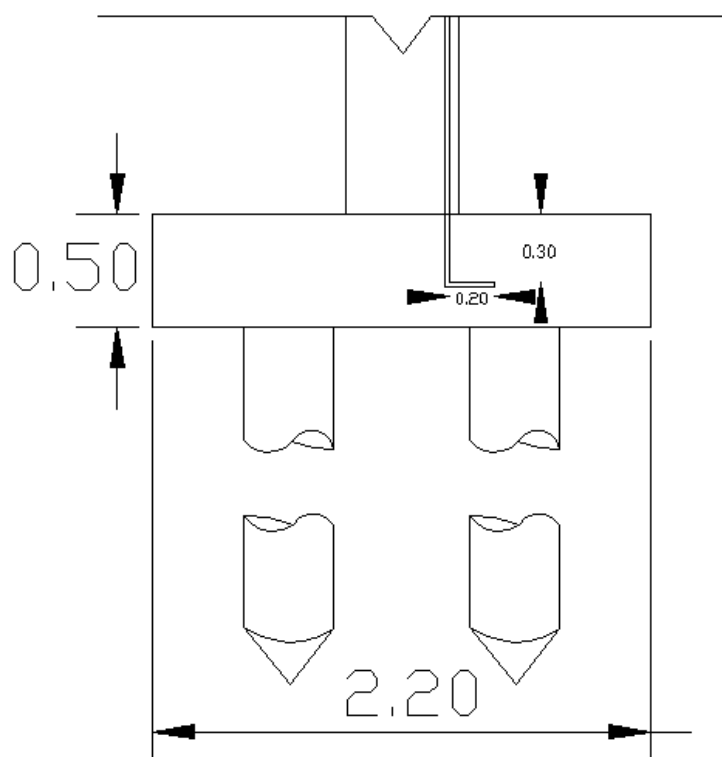
$$L'_{dek} = 19,054 \text{ cm} \geq 19,527 \text{ cm}$$

$$\text{Diambil } L'_{dek} = 20 \text{ cm}$$

Jadi panjang penjangkaran yang digunakan :

$$= L_d - L'_{dek}$$

- $50 - 20 = 30 \text{ cm}$
 $= 300 \text{ mm}$
 $= 0,3 \text{ m}$



Gambar 4.83 Gambar Stek Kolom

4.10.2 Perencanaan P2

- Kedalaman tiang pancang : 13 m
 - Diameter tiang pancang : 40 cm
 - Keliling tiang pancang : $\pi \cdot d$
(Kel_{tp}) $= \pi \cdot 40 \text{ cm}$
 $= 125,67 \text{ cm}$
 - Luas tiang pancang (A_{tp}) : $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (40 \text{ cm})^2$
 $= 1257 \text{ cm}^2$
 - Tebal selimut beton : 75 mm
- 5 (SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7.1.a)**
- Mutu beton (f_c') : -Poer = 25 MPa
 - Mutu baja : -Poer = 400 Mpa
 - Dimensi Poer : P $= 2,20 \text{ m}$
L $= 1,2 \text{ m}$

4.10.2.1 Perhitungan Daya Dukung Ijin (P.ijin)

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai *conus* dan dalam perhitungannya menggunakan **Metode Mayerhoff**. Faktor keamanan $SF_1 = 3$. Dari data SPT kedalaman 15 m maka di dapatkan daya dukung tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

- Q_u : Daya dukung ultimate tiang (Ton)
- Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang
- Q_p : Daya dukung ujung tiang
- Q_s : Daya dukung selimut tiang
- N : Nilai SPT pada ujung tiang
- N_{av} : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

A_p : Luas permukaan ujung tiang (m^2)
 A_s : Luas selimut tiang (m^2)
 SF : Angka keamanan ($SF=3$)

4.10.2.2 Kekuatan Tanah Dan Kekuatan Bahan

Nilai SPT pada ujung tiang :

$$\begin{aligned}
 N &= 19 \text{ blow/feet} \\
 &= \frac{19}{0,3408} = 55,751 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

$$\begin{aligned}
 N_{av} &= \text{Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang} \\
 \text{Nilai SPT} &= 1+1+1+5+19 = 27 \text{ blow/feet} \\
 N_{av} &= \frac{27 \text{ blow/feet}}{5} = 5,4 \text{ blow/feet} \\
 &= \frac{5,4 \text{ blow/feet}}{0,3408} = 15,85 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

Luas permukaan ujung tiang

$$\begin{aligned}
 A_p &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 40\text{cm}^2 \\
 &= 1257 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,1257 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas selimut tiang

$$\begin{aligned}
 A_s &= \pi \times d \times l \\
 &= \pi \times 40 \times 1300 \\
 &= 16,34 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate tiang

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times 55,751 \times 0,1257) + \left(\frac{15,85 \times 16,34}{5} \right)$$

$$= 332,11 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ijin}}{SF}$$

$$= \frac{332,11}{3} = 110,7 \text{ ton}$$

Jadi kekuatan ijin pancang adalah 110,7 ton

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIJAYA KARYA untuk diameter 40 cm tipe A2-K600, didapat :

400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50

$$Q_b = 121,10 \text{ ton}$$

$$121,10 \text{ ton} > 110,7 \text{ ton}$$

Maka kekuatan tiang pancang yang digunakan berdasarkan kekuatan tanah 110,7 ton

4.10.2.3 Kelompok Tiang Pancang

Berdasarkan Output SAP 2000 pada joint 497 diperoleh :

- Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)
 - P = 106.169,5 kg
 - Mx = -689,26 kg.m
 - My = -1283,21 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQx)
 - P = 115554 kg
 - Mx = 3963,33 kg.m
 - My = 8444,14 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQy)
 - P = 111218,1 kg
 - Mx = 5520,03 kg.m
 - My = 900,9 kg.m

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S) menurut buku karangan **Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2** disebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (s) :

2,5 D	≤	s	≤	3D
2,5 x 40	≤	s	≤	3 x 40
100	≤	s	≤	120
Dipakai s	=	100 cm		
Arah x	=	100cm		
Arah y	=	100 cm		

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer (s')

1,5 D	≤	s	≤	2D
1,5 x40	≤	s	≤	2 x 44
60	≤	s	≤	80

Dipakai s' = 60 cm

Perencanaan ketebalan poer tipe 1

Panjang = 2,20 m

Lebar = 1,2 m

4.10.2.4 Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi dengan metode AASHTO

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

m = banyaknya kolom

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

 θ = arc tg D/s

= arc tg 40/100 = 21,80

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \\ &= 1 - 21,8 \left(\frac{(1-1)2 + (2-1)1}{90 \cdot 2 \cdot 1} \right) \\ &= 0,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin tanah}} &= 0,88 \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 0,883 \times 110.700 \text{ kg} \\ &= 97.416 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} P_{\text{ijintanah}} &= 97.416 \text{ kg} < P_{\text{ijin bahan}} \\ &= 97.416 \text{ kg} < 121.100 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka dipakai P ijin = 97.416 kg

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin tanah total}} &= \text{jumlah tiang} \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 2 \times 97.416 \text{ kg} \\ &= 194.832 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.10.2.5 Perencanaan Tebal Pile Cap (Poer)

$$q_t = \frac{P_{ijin tanah total}}{luas poer} = \frac{194.832 \text{ kg}}{220 \text{ cm} \cdot 120 \text{ cm}}$$

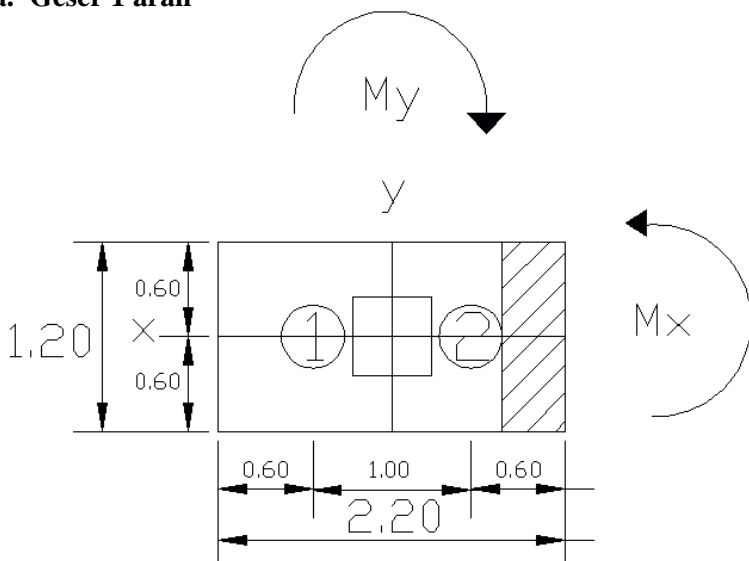
$$= 7,38 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,738 \text{ N/mm}^2$$

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai d terbesar di antara keduanya).

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi , dimana V_c diambil dari persamaan berikut :

a. Geser 1 arah



Gambar 4.84 Geser Satu Arah Pada Poer

- Luas Tributari Area (A_t)

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{P_{poer} - b_{kolom} - 2d}{2} \times l_{poer} \\ &= \frac{2200 - 500 - 2d}{2} \times 1200 \\ &= (850 - d) \times 1200 \\ &= 1020000 - 1200d \end{aligned}$$

- Beban Gaya Geser (V_u)

$$\begin{aligned} V_u &= q_t \cdot A_t \\ &= 0,738 \cdot (1020000 - 1200d) \\ &= 752.760 - 885,6 d \end{aligned}$$

- Gaya Geser yang mampu dipikul oleh beton V_c (N)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.8.6)

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$752.760 - 885,6 d \leq 0,75 \cdot \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 2200 \cdot d$$

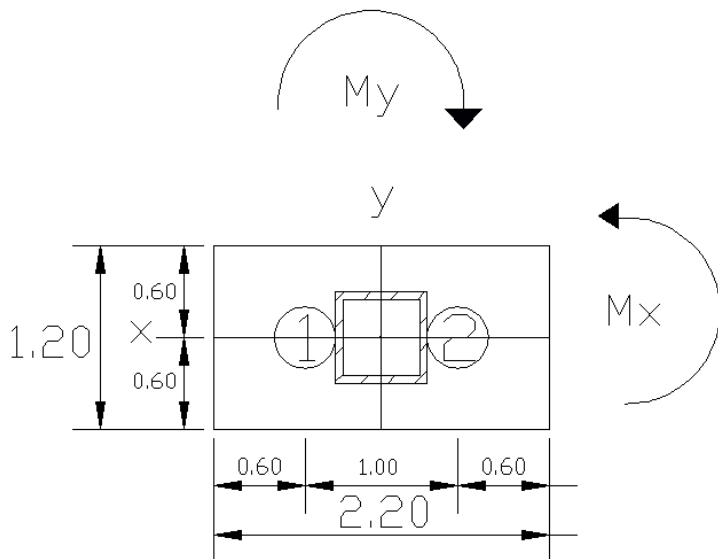
$$752.760 - 885,6 d \leq 1375 d$$

$$752.760 \leq 1375 d + 885,6 d$$

$$752.760 \leq 2260,6 d$$

$$d \geq 332,99 \text{ mm}$$

b. Geser Dua Arah



Gambar 4.85 Geser Dua Arah Pada Poer

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a), (b), dan (c)*, untuk perencanaan pelat atau fondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 500/500 = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= (2 \cdot (500+500)) + 4d$$

$$= 2000 + 4d$$

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$$

Dimana :

$\alpha_s = 40$ untuk kolom dalam

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

▪ Luas Tributari Area (A_t)

$$A_t = (L_{poer} \times B_{poer}) - ((L_{kolom} + tebal_{poer}) \times (B_{kolom} + tebal_{poer}))$$

$$A_t = (2200 \times 1200) - ((500+d) \times (500+d))$$

$$A_t = (2.640.000) - (250.000 + 1000d + d^2)$$

$$A_t = 2.640.000 - 250.000 - 1000d - d^2$$

$$A_t = 2.390.000 - 1000d - d^2$$

▪ Beban Gaya Geser (V_u)

$$V_u = q_t \times A_t$$

$$V_u = 0,738 \times (2.390.000 - 1000d - d^2)$$

$$V_u = 1.763.820 - 738d - 0,738 d^2$$

$$V_u = -0,738 d^2 - 738d + 1.763.820$$

Persamaan 1 (SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a))

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot ((2 \times (500 + 500)) + 4d) \cdot d \\ &= 2,5 \times (4d + 2000) \times d \\ &= 2,5 \times (4d^2 + 2000d) \\ &= 10d^2 + 5000d \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$10d^2 + 5000d \geq -0,738 d^2 - 738d + 1.763.820$$

$$10d^2 + 5000d + 0,738 d^2 + 738d - 1.763.820 \geq 0$$

$$10,738 d^2 + 5.738 d - 1.763.820 \geq 0$$

$$d^2 + 534,4 d - 164259,7 \geq 0$$

$$d_{12} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} \geq \frac{-534,4 \pm \sqrt{534,4^2 - 4 \times 1 \times (-164259,7)}}{2 \times 1}$$

$$d_{12} \geq -267,2 \pm 485,4$$

$$d_1 \geq -267,2 - 485,4$$

$$d_1 \geq -752,6 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -267,2 + 485,4$$

$$d_2 \geq 218,2 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 \geq 218,2 \text{ mm}$$

Persamaan 2(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (b))

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{bo} + 2 \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'} \cdot bo \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = \left(\frac{40 d}{4d + 2000} + 2 \right) \left(\frac{\sqrt{25'} \cdot (4d + 2000) \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = \left(\frac{40d + 8d + 4000}{4d + 2000} \right) \left(\frac{\sqrt{25'} \cdot (4d + 2000) \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = (40d + 8d + 4000) \left(\frac{\sqrt{25'} d}{12} \right)$$

$$V_c = (48 d + 4000) 0,417d$$

$$V_c = 20,016 d^2 + 1668 d$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$20,016 d^2 + 1668 d \geq -0,738 d^2 - 738d + 1.763.820$$

$$20,016 d^2 + 1668 d + 0,738 d^2 + 738 d - 1.763.820 \geq 0$$

$$20,754 d^2 + 2406 d - 1.763.820 \geq 0$$

$$d^2 + 115,93 d - 84986,9 \geq 0$$

$$d_{12} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} \geq \frac{-115,93 \pm \sqrt{115,93^2 - 4 \times 1 \times (-84986,9)}}{2 \times 1}$$

$$d_{12} \geq -57,965 \pm 297,2$$

$$d_1 \geq -57,965 - 297,2$$

$$d_1 \geq -355,165 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -57,965 + 297,2$$

$$d_2 \geq 239,235 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 \geq 239,235 \text{ mm}$$

Persamaan 3(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (c))

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{25} \cdot (4d + 2000) \times d$$

$$V_c = 1,67 \cdot (4d + 2000) \times d$$

$$V_c = (6,68d + 3340) \times d$$

$$V_c = 6,68d^2 + 3340d$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$6,68d^2 + 3340d \geq -0,738 d^2 - 738d + 1.763.820$$

$$6,68d^2 + 3340d + 0,738 d^2 + 738d - 1.763.820 \geq 0$$

$$7,418 d^2 + 4078d - 1.763.820 \geq 0$$

$$d^2 + 549,8 d - 237775,68 \geq 0$$

$$d_{12} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} \geq \frac{-549,8 \pm \sqrt{549,8^2 - 4 \times 1 \times (-237775,68)}}{2 \times 1}$$

$$d_{12} \geq -274,9 \pm 559,8$$

$$d_1 \geq -274,9 - 559,8$$

$$d_1 \geq -834,7 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -274,9 + 559,8$$

$$d_2 \geq 284,9 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_3 \geq 284,9 \text{ mm}$$

Maka diambil d terbesar berdasarkan geser ponds dua arah akibat kolom yaitu $d \geq 332,99 \text{ mm}$

Dari keempat persamaan diatas , didapatkan harga d yang paling memenuhi $d \geq 332,99 \text{ mm}$ (nilai terbesar) . Jadi diperoleh tebal poer :

- Dipakai $d = 332,99 \text{ mm}$
- Dipakai $h = \text{tebal selimut} + D.\text{tulangan Poer} + 1/2 D \text{ tul poer} + d \text{ rencana}$
 $= 75 + 19 + (1/2.19) + 332,99$
 $= 436,49 \text{ mm}$

Direncanakan $h = 500 \text{ mm}$

Cek Terhadap Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,07 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang , tetapi tidak kurang dari 300 mm .

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.16.1*)

$$0,07 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \times 400 \times 19 = 532 \text{ mm}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan **12db** pada ujung bebas kait

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.16.1*)

$$L = 12 d_b$$

$$= 12 \times 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm}$$

$$L_d \text{ vertikal} = 532 \text{ mm} - 228 \text{ mm}$$

$$= 304 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat} = h > L_d$$

$$= 500 \text{ mm} > 304 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipakai tebal Poer (h) = 500 mm

4.10.2.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Berdasarkan Output SAP 2000 pada joint 497 diperoleh :

- Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)
 - P = 106.169,5 kg
 - Mx = -689,26 kg.m
 - My = - 1283,21kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQx)
 - P = 115554 kg
 - Mx = 3963,33 kg.m
 - My = 8444,14 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQy)
 - P = 111218,1 kg
 - Mx = 5520,03 kg.m
 - My = 900,9 kg.m

1. Perencanaan Akibat Beban Tetap

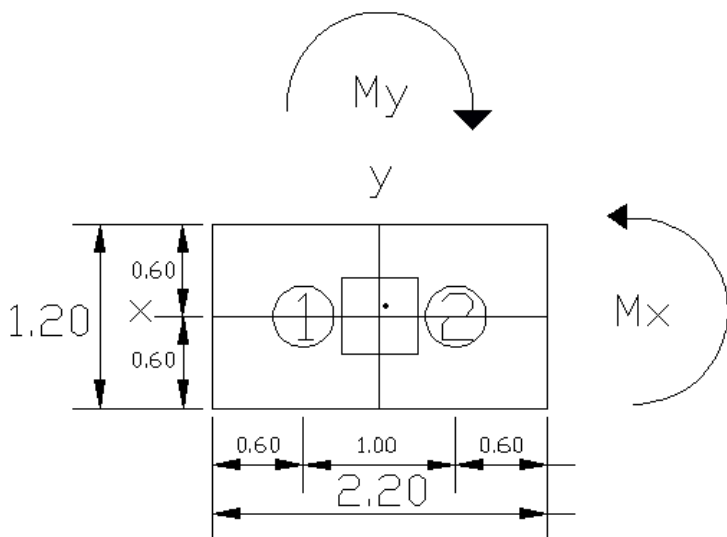
Dari hasil output SAP 2000 joint 497 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= 106.169,5 \text{ kg} \\
 Mx &= -689,26 \text{ kg.m} \\
 My &= - 1283,21 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat sendiri poer} &= 2,2 \times 1,2 \times 0,5 \times 2400 = 3.168 \text{ kg} \\
 \text{➤ P.max} &= \frac{106.169,5 \text{ kg} +}{\Sigma p} = 109.337,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{109.337,5 \text{ kg}}{97.416 \text{ kg}} = 1,2 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$



Gambar 4.86 Arah Gaya Pada Poer P2 Akibat Beban Tetap

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.23 Perhitungan Jarak X dan Y

	X (m)	X²
X1	0,5	0,25
X2	0,5	0,25
Σx²	0	0,5

	y (m)	y²
Y1	0	0
Y2	0	0
Σy²	0	0

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_{1,2} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{109.337,5 \text{ kg}}{2} \pm \frac{-1283,21 \text{ kgm} \cdot 0,5}{0,845}$$

$$P_1 = 54668,75 \text{ kg} \pm (-759,296)$$

$$P_1 = 54668,75 \text{ kg} + (-759,296) = 53909,45 \text{ kg}$$

$$P_2 = 54668,75 \text{ kg} - (-759,296) = 55428,05 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\text{max}} = 55428,05 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

$$P_{\text{max}} = 55428,05 \text{ kg} < 97416 \text{ kg (memenuhi)}$$

➤ Karena Nilai $y = 0$ (jarak tiang pancang ke sumbu $x = 0$) maka pengaruh akibat momen X langsung dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimana momen yang terjadi (M_x) tidak boleh melebihi momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang))

Dimana :

$$M_x = 689,26 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{689,26 \text{ kgm}}{2} && (\text{Jumlah tiang pancang} = 2) \\ &= 344,63 \text{ kg m} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_r < M_u$ (momen ijin tiang pada spesifikasi tiang pancang)

$$M_u = 8,25 \text{ ton} = 8.250 \text{ kgm}$$

$$M_r = 344,63 \text{ kgm}, M_r < M_u \text{ (memenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas pada joint 497 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 3 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) .

2. Perencanaan Akibat Beban Sementara

Dari hasil output SAP 2000 joint 497 akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQx) diperoleh nilai :

$$P = 115554 \text{ kg}$$

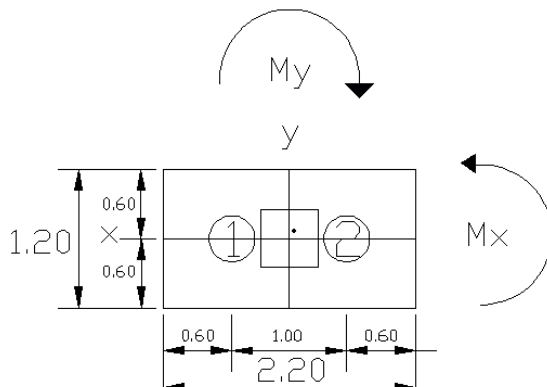
$$M_x = 3963,33 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 8444,14 \text{ kg.m}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{➤ Berat sendiri poer} &= 2,2 \times 1,2 \times 0,5 \times 2400 = 3.168 \text{ kg} \\ \text{➤ P.max} &= \frac{115.554 \text{ kg} +}{\Sigma p} = 118.722 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{118.722 \text{ kg}}{97.416 \text{ kg}} = 1,2 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$



Gambar 4. 87 Arah Gaya Pada Poer P2 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.24 Perhitungan Jarak X dan Y

	X (m)	X²
X1	0,5	0,25
X2	0,5	0,25
Σx²	0	0,5

	y (m)	y²
Y1	0	0
Y2	0	0
Σy²	0	0

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_{1,2} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{118.722 \text{ kg}}{2} \pm \frac{8444,14 \text{ kgm} \cdot 0,55}{0,845}$$

$$P_1 = 59.361 \text{ kg} \pm (4996,533)$$

$$P_1 = 59.361 \text{ kg} + (4996,533) = 64357,53 \text{ kg}$$

$$P_2 = 59.361 \text{ kg} - (4996,533) = 54364,47 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\text{max}} = 64357,53 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$P_{\text{max}} = 64357,53 \text{ kg} < 1.3 \times P_{\text{ijin tanah}}$$

$$= 64357,53 \text{ kg} < 1.3 \times 97416 \text{ kg}$$

$$= 64357,53 \text{ kg} < 126640,8 \text{ kg (memenuhi)}$$

- Karena Nilai $y=0$ (jarak tiang pancang ke sumbu $x = 0$) maka pengaruh akibat momen X langsung dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimana momen yang terjadi (M_x) tidak boleh melebihi momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang))

Dimana :

$$M_x = 3963,33 \text{ kg.m}$$

$$M_r = \frac{3963,33 \text{ kgm}}{2} \quad (\text{Jumlah tiang pancang} = 2)$$

$$= 1981,5 \text{ kg m}$$

Syarat :

$M_r < M_u$ (momen ijin tiang pada spesifikasi tiang pancang)

$$M_u = 8,25 \text{ ton} = 8.250 \text{ kgm}$$

$$M_r = 1981,5 \text{ kgm}, M_r < M_u \text{ (memenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas pada joint 497 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQx).

3. Perencanaan Akibat Beban Sementara

Dari hasil output SAP 2000 joint 497 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL + EQy) diperoleh nilai :

$$P = 111218,1 \text{ kg}$$

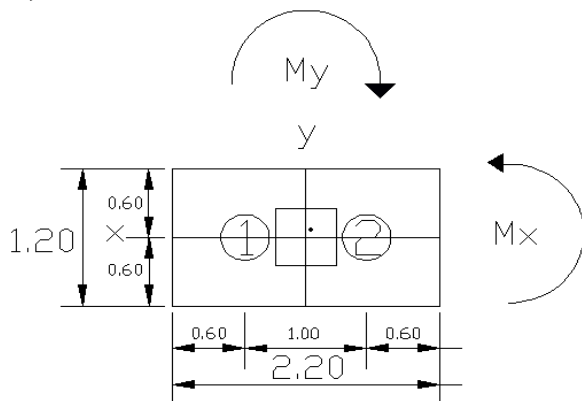
$$M_x = 5520,03 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 900,9 \text{ kg.m}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $2,2 \times 1,2 \times 0,5 \times 2400 = 3.168 \text{ kg}$
- P.max $\quad \quad \quad = 111218,1 \text{ kg} +$
 $\quad \quad \quad \Sigma p \quad \quad = 114386,1 \text{ kg}$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{114386,1 \text{ kg}}{97.416 \text{ kg}} = 1,17 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$



Gambar 4. 88 Arah Gaya Pada Poer P2 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.25 Perhitungan Jarak X dan Y

	X (m)	X ²
X1	0,5	0,25
X2	0,5	0,25
Σx^2	0	0,5

	y (m)	y ²
Y1	0	0
Y2	0	0
Σy^2	0	0

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\Rightarrow P_{1,2} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{114386,1 \text{ kg}}{2} \pm \frac{900,9 \text{ kgm} \cdot 0,5}{0,845}$$

$$P_1 = 57193,05 \text{ kg} \pm (533,0769)$$

$$P_1 = 57193,05 \text{ kg} + (533,0769) = 57726,13 \text{ kg}$$

$$P_2 = 57193,05 \text{ kg} - (533,0769) = 56659,97 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\max} = 57726,13 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 57726,13 \text{ kg} < 1.3 \times P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 57726,13 \text{ kg} < 1.3 \times 97416 \text{ kg} \\ &= 57726,13 \text{ kg} < 126640,8 \text{ kg} \text{ (*memenuhi*)} \end{aligned}$$

- Karena Nilai $y = 0$ (jarak tiang pancang ke sumbu $x = 0$) maka pengaruh akibat momen X langsung dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimana momen yang terjadi (M_x) tidak boleh melebihi momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang))

Dimana :

$$\begin{aligned}
 M_x &= 5520.03 \text{ kg.m} \\
 M_r &= \frac{5520.03 \text{ kgm}}{2} \quad (\text{Jumlah tiang pancang} = 2) \\
 &= 2760.015 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_r < M_u$ (momen ijin tiang pada spesifikasi tiang pancang)

$$M_u = 8,25 \text{ ton} = 8.250 \text{ kgm}$$

$$M_r = 2760.015 \text{ kgm}, M_r < M_u \text{ (memenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas pada joint 497 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 3 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQy) .

4.10.2.7 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)

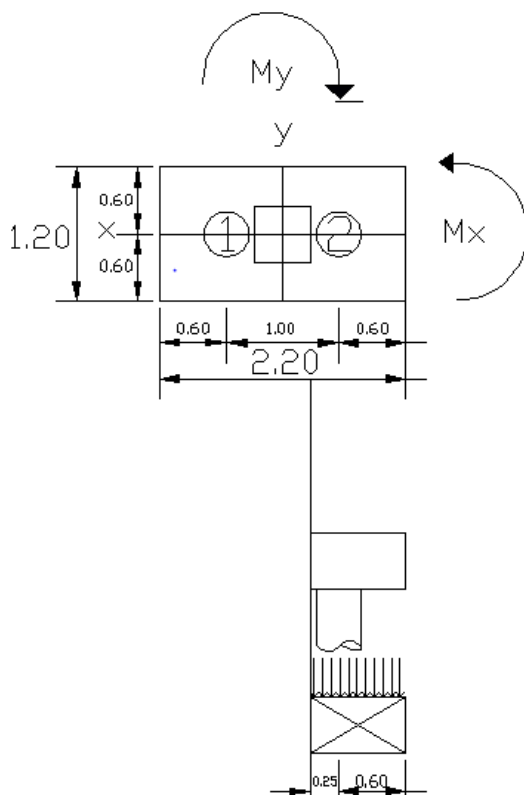
Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban gsementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

▪ Data Perencanaan

- Dimensi poer	= 2,2 m x 1,2 m x 0,5 m
- Jumlah tiang pancang	= 2 buah
- Dimensi kolom	= 50 cm x 50 cm
- Mutu beton (f_c')	= 25 MPa
- Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
- Diameter tulangan utama	= 19 mm
- Selimut beton (p)	= 75 mm
- ϕ	= 0,8
- h	= 500 mm

$$\begin{aligned}
 -dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\
 &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 415,5 \text{ mm} \\
 -dy &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\
 &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 396,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1. Penulangan Poer Arah Sumbu X



Gambar 4.89 Mekanika Gaya Pada Poer Arah Y

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :
 Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 1,2 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1440 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \times l \\ &= 1440 \text{ kg} \times (0,25 + 0,60) \\ &= 1440 \text{ kg} \times 0,85 \text{ m} \\ &= 1244 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{\max} = \text{Beban tiang dari bawah akibat beban sementara} \\ (1DL + 1LL + 1EQx)$$

$$P1 = 64357,53 \text{ kg}$$

$$P2 = 54364,47 \text{ kg}$$

$$\text{Ambil } P \text{ terbesar} = 64357,53 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= MQ - MP \\ &= (Q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom}) \\ &= (1244 \times 0,425) - (64357,53 \times 0,25) \\ &= -15569,1825 \text{ kgm} \\ &= -155691825 \text{ Nmm} \\ &= 155691825 \text{ Nmm (ambil nilai mutlak)} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{155691825 \text{ Nmm}}{0,8} = 194614781 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{194614781 \text{ Nmm}}{1200 \text{ mm} \cdot (415,5 \text{ mm})^2} = 0,9$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,9}{400}} \right] \\ &= 0,002\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3}) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\ &\quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3}) \\ &= 0,75 \cdot 0,027 \\ &= 0,02\end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \\ 0,0035 &< 0,002 < 0,02 \quad (\text{tidak memenuhi})\end{aligned}$$

maka, ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,002 = 0,0026 < \rho_{\text{min}} \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 415,5 \text{ mm} \\ &= 1745,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &\leq 2 h \\ S_{maks} &\leq 2 \cdot 500 \text{ mm} \\ S_{maks} &\leq 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan $\emptyset 19$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s} \\ S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 1200 \text{ mm}}{1745,1 \text{ mm}^2} \\ S &= 194,9 \text{ mm} < 1000 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

sehingga,

$$S_{\text{pakai}} = 150$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 1200 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 2268,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 2268,23 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 1745,1 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan $\emptyset 19-150$

2. Penulangan Poer Arah Sumbu Y

Penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan susut karena tidak ada eksentrisitas antara tepi kolom dengan tiang pancang .

Tulangan susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.1)

Pelat yang menggunakan batang ulir mutu 400 dipakai

$$\begin{aligned}\rho_{\text{susut}} &= 0,0018 \\ A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \times 2200 \times 500 \\ &= 1980 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Batas spasi tulangan susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.2)

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 5 \times 500 = 2500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 19

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 2200}{1980}$$

$$= 315 \text{ mm ,}$$

$S < S_{\text{max}}$, maka dipakai $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan Ø 19-200

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 2200}{200}$$

$$= 3118,8 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{susut}}} = 1980 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

4.10.2.8 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan Kolom

Berdasarkan **PBBI '71** psl 8.6.1 dan 8.6.2 panjang penyaluran dasar (L_d') adalah :

$$L_d' = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{au}^*$$

Dimana :

A = Luas penampang (cm^2)

σ_{au}^* = **Kekuatan baja rencana menurut PBBI'71 tabel**

10.4.3

F_y = Tegangan leleh baja : 400 Mpa

σ_{bk} = Kekuatan tekan beton : $f_c = 25$ Mpa

Diameter kawat pengikat minimal 2,5 mm

$$L_d' = 0,07 \times \frac{\left(\frac{1}{4}\pi d^2\right) \times 0,87 \times f_y}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times f_y$$

$$L_d' = 0,07 \times \frac{2,835 \times 0,87 \times 4000}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 4000$$

$$L_d' = 43,68 \text{ cm} \geq 23,4 \text{ cm}$$

Diambil $L_d' = 43,68 \text{ cm}$

Panjang penyaluran

$$(L_d) = L_d' \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 43,68 \text{ cm} \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 48,92 \text{ cm} > 30 \text{ cm (memenuhi)}$$

Diambil $L_d = 50 \text{ cm}$

$$\sigma_{kait} = K \times \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana} \quad : K &= 0,035 \times \sigma_{au}^* \leq 100 \\
 &= 0,035 \times 0,87 \times f_y \leq 100 \\
 &= 0,03 \times 0,87 \times 4000 \leq 100 \\
 &= 121,800 \leq 100
 \end{aligned}$$

Jadi nilai K diambil 100

$$\begin{aligned}
 \sigma_{kait} &= 100 \times \sqrt{250} \\
 &= 1581,139 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Panjang penyaluran ekivalen (L'_{dek})

$$L'_{dek} = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{kait}$$

$$L'_{dek} = 0,07 \times \frac{2,835 \times 1518,139}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 1581,139$$

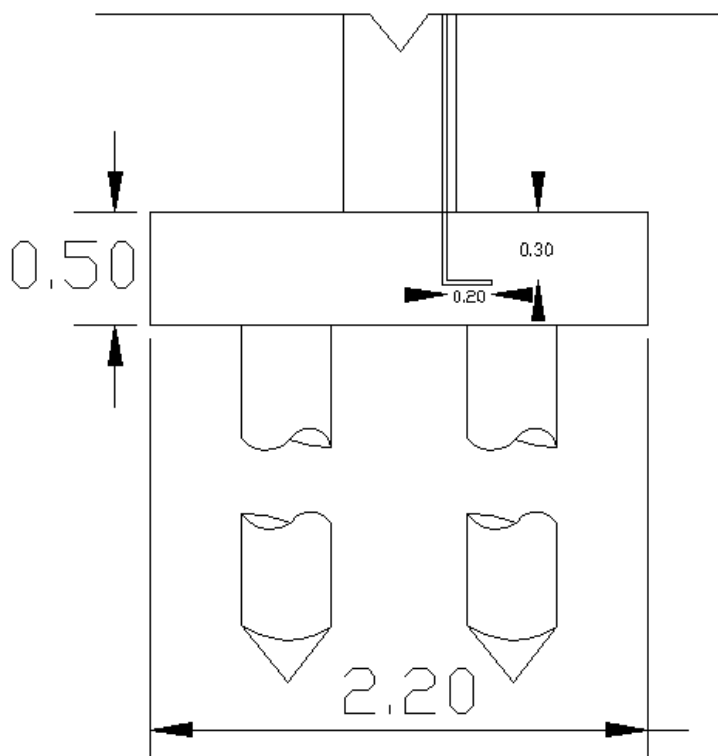
$$L'_{dek} = 19,054 \text{ cm} \geq 19,527 \text{ cm}$$

$$\text{Diambil } L'_{dek} = 20 \text{ cm}$$

Jadi panjang penjangkaran yang digunakan :

$$= L_d - L'_{dek}$$

- $$\begin{aligned}
 50 - 20 &= 30 \text{ cm} \\
 &= 300 \text{ mm} \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.90 Gambar Stek Kolom

4.10.3 Perencanaan P3

- Kedalaman tiang pancang : 13 m
 - Diameter tiang pancang : 40 cm
 - Keliling tiang pancang : $\pi \cdot d$
(Kel_{tp}) $= \pi \cdot 40 \text{ cm}$
 $= 125,67 \text{ cm}$
 - Luas tiang pancang (A_{tp}) : $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (40 \text{ cm})^2$
 $= 1257 \text{ cm}^2$
 - Tebal selimut beton : 75 mm
- 5 (SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7.1.a)**
- Mutu beton (f_c') : -Poer = 25 MPa
 - Mutu baja : -Poer = 400 Mpa
 - Dimensi Poer : P $= 1,2 \text{ m}$
L $= 1,2 \text{ m}$

4.10.3.1 Perhitungan Daya Dukung Ijin (P.ijin)

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai *conus* dan dalam perhitungannya menggunakan **Metode Mayerhoff**. Faktor keamanan $SF_1 = 3$. Dari data SPT kedalaman 15 m maka di dapatkan daya dukung tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

- Q_u : Daya dukung ultimate tiang (Ton)
- Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang
- Q_p : Daya dukung ujung tiang
- Q_s : Daya dukung selimut tiang
- N : Nilai SPT pada ujung tiang
- N_{av} : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

A_p : Luas permukaan ujung tiang (m^2)
 A_s : Luas selimut tiang (m^2)
 SF : Angka keamanan ($SF=3$)

4.10.3.2 Kekuatan Tanah Dan Kekuatan Bahan

Nilai SPT pada ujung tiang :

$$\begin{aligned}
 N &= 19 \text{ blow/feet} \\
 &= \frac{19}{0,3408} = 55,751 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

N_{av} = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

Nilai SPT = $1+1+1+5+19 = 27 \text{ blow/feet}$

$$\begin{aligned}
 N_{av} &= \frac{27 \text{ blow/feet}}{5} = 5,4 \text{ blow/feet} \\
 &= \frac{5,4 \text{ blow/feet}}{0,3408} = 15,85 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

$$Q_{ijin} = \frac{Qu}{SF}$$

Luas permukaan ujung tiang

$$\begin{aligned}
 A_p &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 40\text{cm}^2 \\
 &= 1257 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,1257 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas selimut tiang

$$\begin{aligned}
 A_s &= \pi \times d \times l \\
 &= \pi \times 40 \times 1300 \\
 &= 16,34 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate tiang

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times 55,751 \times 0,1257) + \left(\frac{15,85 \times 16,34}{5} \right)$$

$$= 332,11 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ijin}}{SF}$$

$$= \frac{332,11}{3} = 110,7 \text{ ton}$$

Jadi kekuatan ijin pancang adalah 110,7 ton

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIJAYA KARYA untuk diameter 40 cm tipe A2-K600, didapat :

400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50

$$Q_b = 121,10 \text{ ton}$$

$$121,10 \text{ ton} > 110,7 \text{ ton}$$

Maka kekuatan tiang pancang yang digunakan berdasarkan kekuatan tanah 110,7 ton

4.10.3.3 Kelompok Tiang Pancang

Berdasarkan Output SAP 2000 pada joint 507 diperoleh :

- Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)
 - P = 30587,26 kg
 - M_x = 1031,8 kg.m
 - M_y = 39,42 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQ_x)
 - P = 40285,37 kg
 - M_x = 1776,16 kg.m
 - M_y = 620,96 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQ_y)
 - P = 47131,03 kg
 - M_x = 2179,61 kg.m
 - M_y = 149,04 kg.m

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S) menurut buku karangan ***Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2*** disebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (s) :

2,5 D	≤	s	≤	3D
2,5 x 40	≤	s	≤	3 x 40
100	≤	s	≤	120
Dipakai s	=	100 cm		
Arah x	=	100cm		
Arah y	=	100 cm		

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer (s')

$$\begin{array}{rclcl}
 1,5 D & \leq & s & \leq & 2D \\
 1,5 \times 40 & \leq & s & \leq & 2 \times 44 \\
 60 & \leq & s & \leq & 80
 \end{array}$$

$$\text{Dipakai } s' = 60 \text{ cm}$$

Perencanaan ketebalan poer tipe 1

$$\text{Panjang} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,2 \text{ m}$$

4.10.3.4 Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi dengan metode AASHTO

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

m = banyaknya kolom

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

$$= \text{arc tg } 40/100 = 21,8$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \\
 &= 1 - 21,8 \left(\frac{(1-1)2 + (2-1)1}{90 \cdot 1 \cdot 2} \right) \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ijin tanah}} &= 0,88 \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\
 &= 0,883 \times 110.700 \text{ kg} \\
 &= 97.416 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \text{Pijin tanah} &= 97.416 \text{ kg} < \text{Pijin bahan} \\ &= 97.416 \text{ kg} < 121.100 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka dipakai P.ijin = 97.416 kg

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin tanah total}} &= \text{jumlah tiang} \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 1 \cdot 97.416 \text{ kg} \\ &= 97.416 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.10.3.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Berdasarkan Output SAP 2000 pada joint 493 diperoleh :

- Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)
 - P = 30587,26 kg
 - Mx = 1031,8 kg.m
 - My = 39,42 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQx)
 - P = 40285,37 kg
 - Mx = 1776,16 kg.m
 - My = 620,96 kg.m
- Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0EQy)
 - P = 47131,03 kg
 - Mx = 2179,61 kg.m
 - My = 149,04 kg.m

1. Perencanaan Akibat Beban Tetap

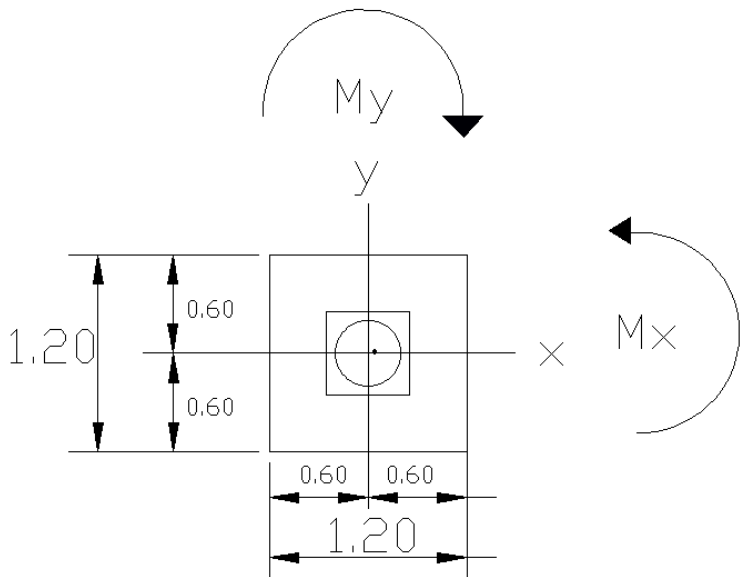
Dari hasil output SAP 2000 joint 43 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= 30587,26 \text{ kg} \\ Mx &= 1031,8 \text{ kg.m} \\ My &= 39,42 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $1,2 \times 1,2 \times 0,5 \times 2400 = 1728 \text{ kg}$
- P.max $\quad \quad \quad = 30587,26 \text{ kg} +$
 $\quad \quad \quad \Sigma p \quad \quad = 32315,26 \text{ kg}$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{32315,26 \text{ kg}}{97.416 \text{ kg}} = 0,33 \text{ buah} \approx 1 \text{ buah}$$



Gambar 4.91 Arah Gaya Pada Poer P3 Akibat Beban Tetap

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4. 26 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x ²
X1	0	0
X2	0	0
$\sum x^2$	0	0

	y (m)	y ²
X1	0	0
X2	0	0
$\sum x^2$	0	0

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{32315,26 \text{ kg}}{1}$$

$$P_1 = 32315,26 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\text{max}} = 32315,26 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

$$P_{\text{max}} = 32315,26 < 97.416 \text{ kg (memenuhi)}$$

Cek Momen yang terjadi :

Karena jarak tiang pancang ke sumbu x dan sumbu y tidak ada ($x=0$ dan $y=0$), maka pengaruh akibat momen X dan Y tidak boleh melebihi dari momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimana momen yang terjadi pada sumbu X dan Y tidak boleh melebihi momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang)).

$$\begin{aligned}
 M_x &= 1031,8 \text{ kg.m} \\
 M_y &= 39,42 \text{ kg.m} \\
 M_r &= \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \\
 &= \sqrt{1031,8^2 + 39,42^2} \\
 &= 1032,55 \text{ kgm} \\
 \text{Momen ijin tiang pancang (} M_u \text{)} &= 8,25 \text{ ton.m} \\
 &= 8250 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

❖ **$M_u > M_r$ (memenuhi)**

Dari perhitungan diatas pada joint 493 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 3 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) .

2. Perencanaan Akibat Beban Sementara

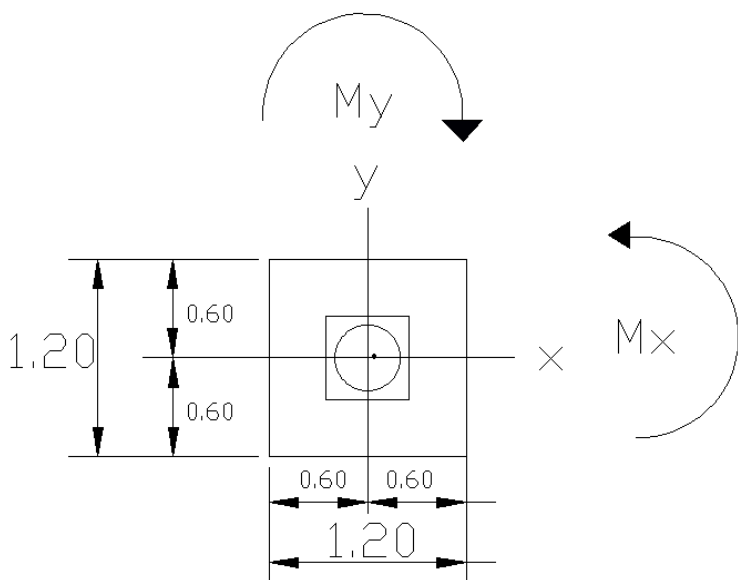
Dari hasil output SAP 2000 joint 43 akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQx) diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= 40285,37 \text{ kg} \\
 M_x &= 1776,16 \text{ kg.m} \\
 M_y &= 620,96 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat sendiri poer} &= 1,2 \times 1,2 \times 0,5 \times 2400 = 1728 \text{ kg} \\
 \text{➤ P.max} &= 40285,37 \text{ kg} + \\
 \Sigma p &= 42013,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{42013,37 \text{ kg}}{97.416 \text{ kg}} = 0,43 \text{ buah} \approx 1 \text{ buah}$$



Gambar 4. 92 Arah Gaya Pada Poer P3 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4. 27 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x^2
X1	0	0
X2	0	0
$\sum x^2$	0	0

	y (m)	y^2
X1	0	0
X2	0	0
$\sum x^2$	0	0

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{42013,37 \text{ kg}}{1}$$

$$P_1 = 42013,37 \text{ kg}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= 42013,37 \text{ kg} < 1.3 \times \text{Pijin tanah} \\ &= 42013,37 \text{ kg} < 1.3 \times 97.416 \text{ kg} \\ &= 42.013,37 \text{ kg} < 126.640,8 \text{ kg (memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek Momen yang terjadi :

Karena jarak tiang pancang ke sumbu x dan sumbu y tidak ada ($x=0$ dan $y=0$) ,maka pengaruh akibat momen X dan Y tidak boleh melebihi dari momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimanamomen yang terjadi pada sumbu X dan Y tidk boleh melebihi momrn yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang) .

$$M_x = 1776,16 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 620,96 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \\ &= \sqrt{1776,16^2 + 620,96^2} \\ &= 1881,58 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen ijin tiang pancang (Mu)} &= 8,25 \text{ ton.m} \\ &= 8250 \text{ kgm}\end{aligned}$$

❖ **Mu > Mr (memenuhi)**

Dari perhitungan diatas pada joint 493 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQx).

3. Perencanaan Akibat Beban Sementara

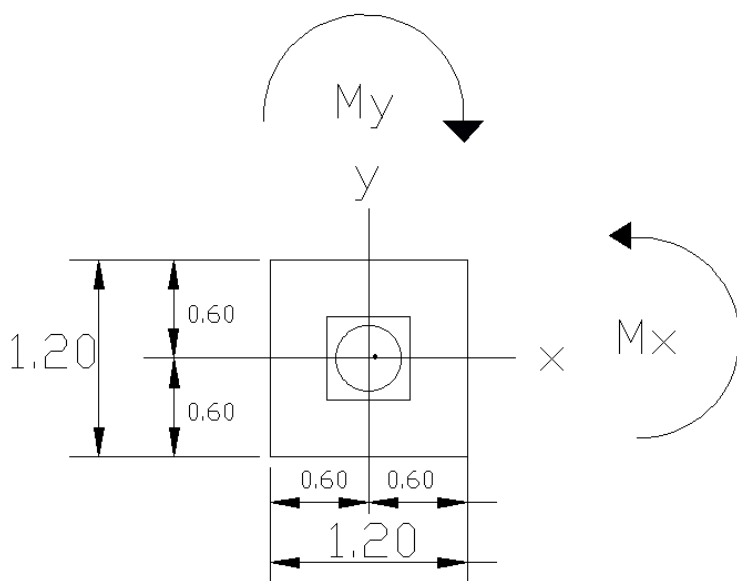
Dari hasil output SAP 2000 joint 43 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL + EQy) diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}P &= 47131,03 \text{ kg} \\ M_x &= 2179,61 \text{ kg.m} \\ M_y &= 149,04 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{➤ Berat sendiri poer} &= 1,2 \times 1,2 \times 0,5 \times 2400 = 1728 \text{ kg} \\ \text{➤ P.max} &= 47131,03 \text{ kg} + \\ &\quad \Sigma p = 48859,03 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{48859,03 \text{ kg}}{97.416 \text{ kg}} = 0,5 \text{ buah} \approx 1 \text{ buah}$$



Gambar 4. 93 Arah Gaya Pada Poer P3 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4. 28 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x^2
X1	0	0
X2	0	0
$\sum x^2$	0	0

	y (m)	y^2
X1	0	0
X2	0	0
$\sum x^2$	0	0

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\Rightarrow P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{48859,03 \text{ kg}}{1}$$

$$P_1 = 48859,03 \text{ kg}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= 48859,03 \text{ kg} < 1.3 \times \text{Pijin tanah} \\ &= 48859,03 \text{ kg} < 1.3 \times 97.416 \text{ kg} \\ &= 48.859,03 \text{ kg} < 126.640,8 \text{ kg (memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek Momen yang terjadi :

Karena jarak tiang pancang ke sumbu x dan sumbu y tidak ada ($x=0$ dan $y=0$) ,maka pengaruh akibat momen X dan Y tidak boleh melebihi dari momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimanamomen yang terjadi pada sumbu X dan Y tidk boleh melebihi momrn yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang) .

$$M_x = 2179,61 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 149,04 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \\ &= \sqrt{2179,61^2 + 149,04^2} \\ &= 2184,699 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen ijin tiang pancang (Mu)} &= 8,25 \text{ ton.m} \\ &= 8250 \text{ kgm}\end{aligned}$$

❖ **Mu > Mr (memenuhi)**

Dari perhitungan diatas pada joint 493 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQy) .

4.10.3.6 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban gsementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

■ **Data Perencanaan**

- Dimensi poer $= 1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$
- Jumlah tiang pancang $= 2 \text{ buah}$
- Dimensi kolom $= 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$
- Mutu beton (f_c') $= 25 \text{ MPa}$
- Mutu baja (f_y) $= 400 \text{ MPa}$
- Diameter tulangan utama $= 19 \text{ mm}$
- Selimut beton (p) $= 75 \text{ mm}$
- $\phi = 0,8$
- $h = 500 \text{ mm}$
- $dx = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}}$
 $= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm}$
 $= 415,5 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 dy &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\
 &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 396,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1. Penulangan Poer Arah Sumbu X

Pembebanan yang terjadi pada Poer adalah :

$$\begin{aligned}
 q_u &= \text{berat poer} \\
 &= 1,2 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1440 \text{ kg} \\
 X &= 0 \\
 Q &= q_u \times l \\
 &= 1440 \text{ kg} \times 0 \\
 &= 0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

P_{max} = Beban tiang dari bawah akibat beban sementara
(1DL+1LL+1EQx)

Ambil P terbesar

$$P_1 = 42013,37 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 M_u &= MQ - MP \\
 &= (Q \times \frac{1}{2} l) - (P_x \text{ jarak tiang ke tepi kolom}) \\
 &= (0 \times 0) - (42013,37 \times 0,25) \\
 &= -10.503,3425 \text{ kgm} \\
 &= -105033425 \text{ Nmm} \\
 &= 105.033.425 \text{ Nmm (ambil nilai mutlak)}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{105.033.425 \text{ Nmm}}{0,8} = 131291781,3 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{131291781,3 \text{ Nmm}}{1200 \text{ mm} \cdot (415,5 \text{ mm})^2} = 0,6 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
 &= 18,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,6}{400}} \right] \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)} \\
 &= 0,75 \cdot 0,027 \\
 &= 0,02
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \\
 0,0035 &< 0,002 < 0,02 \quad \text{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

maka, ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,002 = 0,0026 < \rho_{\text{min}} \text{ dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 415,5 \text{ mm} \\
 &= 1745,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\leq 2 h \\
 S_{\text{maks}} &\leq 2 \cdot 500 \text{ mm} \\
 S_{\text{maks}} &\leq 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan Ø19

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s} \\
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 1200 \text{ mm}}{1745,1 \text{ mm}^2} \\
 S &= 194,9 \text{ mm} < 1200 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

sehingga,

$$S_{\text{pakai}} = 150$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 1200 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\
 &= 2268,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 2268,2 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 1745,1 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan Ø19-150

2. Penulangan Poer Arah Sumbu Y

Penulangan poer arah sumbu Y dipasang tulangan susut karena tidak ada eksentrisitas antara tepi kolom dengan tiang pancang .

Tulangan susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.1)

Pelat yang menggunakan batang ulir mutu 400 dipakai

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \times 1200 \times 500 \\ &= 1080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas spasi tulangan susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.2)

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 5 \times 500 = 2500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 19

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1200}{1080}$$

$$= 315 \text{ mm}$$

$S < S_{\text{max}}$, maka dipakai $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan Ø 19-200

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1200}{200}$$

$$= 1701,18 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{susut}}} = 1080 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

4.10.3.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan Kolom

Berdasarkan **PBBI '71** ps1 8.6.1 dan 8.6.2 panjang penyaluran dasar (L_d') adalah :

$$L_d' = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{au}^*$$

Dimana :

A = Luas penampang (cm^2)

σ_{au}^* = **Kekuatan baja rencana menurut PBBI'71 tabel**

10.4.3

F_y = Tegangan leleh baja : 400 Mpa

σ_{bk} = Kekuatan tekan beton : $f_c = 25$ Mpa

Diameter kawat pengikat minimal 2,5 mm

$$L_d' = 0,07 \times \frac{\left(\frac{1}{4}\pi d^2\right) \times 0,87 \times f_y}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times f_y$$

$$L_d' = 0,07 \times \frac{2,835 \times 0,87 \times 4000}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 4000$$

$$L_d' = 43,68 \text{ cm} \geq 23,4 \text{ cm}$$

Diambil $L_d' = 43,68 \text{ cm}$

Panjang penyaluran

$$(L_d) = L_d' \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 43,68 \text{ cm} \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 48,92 \text{ cm} > 30 \text{ cm (memenuhi)}$$

Diambil $L_d = 50 \text{ cm}$

$$\sigma_{kait} = K \times \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana} \quad : K &= 0,035 \times \sigma_{au}^* \leq 100 \\
 &= 0,035 \times 0,87 \times f_y \leq 100 \\
 &= 0,03 \times 0,87 \times 4000 \leq 100 \\
 &= 121,800 \leq 100
 \end{aligned}$$

Jadi nilai K diambil 100

$$\begin{aligned}
 \sigma_{kait} &= 100 \times \sqrt{250} \\
 &= 1581,139 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Panjang penyaluran ekuivalen (L'_{dek})

$$L'_{dek} = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma' b k}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{kait}$$

$$L'_{dek} = 0,07 \times \frac{2,835 \times 1518,139}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 1581,139$$

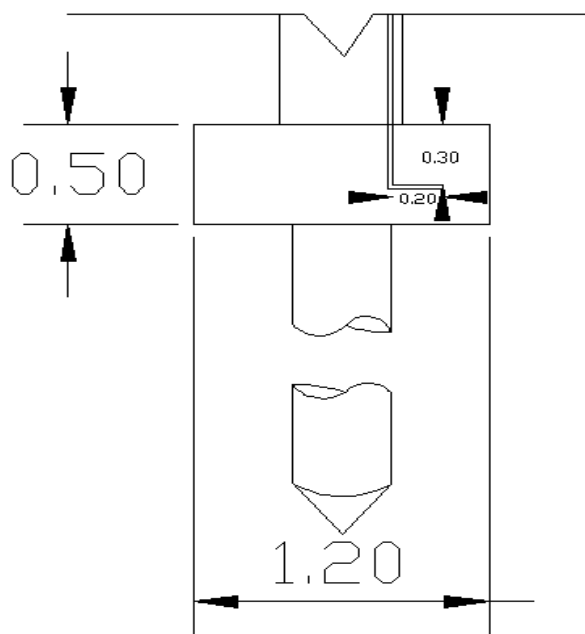
$$L'_{dek} = 19,054 \text{ cm} \geq 19,527 \text{ cm}$$

$$\text{Diambil } L'_{dek} = 20 \text{ cm}$$

Jadi panjang penjangkaran yang digunakan :

$$= L_d - L'_{dek}$$

- $50 - 20 = 30 \text{ cm}$
 $= 300 \text{ mm}$
 $= 0,3 \text{ m}$



Gambar 4.94 Gambar Stek Kolom

4.10.3 Perencanaan P4

- Kedalaman tiang pancang : 13 m
 - Diameter tiang pancang : 40 cm
 - Keliling tiang pancang : $\pi \cdot d$
(Kel_{tp}) $= \pi \cdot 40 \text{ cm}$
 $= 125,67 \text{ cm}$
 - Luas tiang pancang (A_{tp}) : $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (40 \text{ cm})^2$
 $= 1257 \text{ cm}^2$
 - Tebal selimut beton : 75 mm
- 5 (SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7.1.a)**
- Mutu beton (fc') : -Poer = 25 MPa
 - Mutu baja : -Poer = 400 Mpa
 - Dimensi Poer : P $= 2,43 \text{ m}$
L $= 2,5 \text{ m}$

4.10.4.1 Perhitungan Daya Dukung Ijin (P.ijin)

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai *conus* dan dalam perhitungannya menggunakan **Metode Mayerhoff**. Faktor keamanan $SF_1 = 3$. Dari data SPT kedalaman 15 m maka di dapatkan daya dukung tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

- Q_u : Daya dukung ultimate tiang (Ton)
- Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang
- Q_p : Daya dukung ujung tiang
- Q_s : Daya dukung selimut tiang
- N : Nilai SPT pada ujung tiang

Nav	: Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang
Ap	: Luas permukaan ujung tiang (m ²)
As	: Luas selimut tiang (m ²)
SF	: Angka keamanan (SF=3)

4.10.4.2 Kekuatan Tanah Dan Kekuatan Bahan

Nilai SPT pada ujung tiang :

$$N = 19 \text{ blow/feet}$$

$$= \frac{19}{0,3408} = 55,751 \text{ blow/m}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

Nilai SPT = 1+1+1+5 +19 = 27 blow/feet

$$Nav = \frac{27 \text{ blow/feet}}{5} = 5,4 \text{ blow/feet}$$

$$= \frac{5,4 \text{ blow/feet}}{0,3408} = 15,85 \text{ blow/m}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

$$Q_{ijin} = \frac{Qu}{SF}$$

Luas permukaan ujung tiang

$$Ap = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times 40\text{cm}^2$$

$$= 1257 \text{ cm}^2$$

$$= 0,1257 \text{ m}^2$$

Luas selimut tiang

$$As = \pi \times d \times l$$

$$= \pi \times 40 \times 1300$$

$$= 16,34 \text{ m}^2$$

Daya dukung ultimate tiang

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times 55,751 \times 0,1257) + \left(\frac{15,85 \times 16,34}{5} \right)$$

$$= 332,11 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ijin}}{SF}$$

$$= \frac{332,11}{3} = 110,7 \text{ ton}$$

Jadi kekuatan ijin pancang adalah 110,7 ton

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIJAYA KARYA untuk diameter 40 cm tipe A2-K600, didapat :

400	75	A2	766	191	6-16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50

$$Q_b = 121,10 \text{ ton}$$

$$121,10 \text{ ton} > 110,7 \text{ ton}$$

Maka kekuatan tiang pancang yang digunakan berdasarkan kekuatan tanah 110,7 ton

4.10.4.3 Kelompok Tiang Pancang

Berdasarkan Output SAP 2000 pada joint 497 diperoleh :

Akibat Beban Tetap (1D+ 1L)					
Joint 499			Joint 500		
P	54884,25	kg	P	55297,71	kg
Mx	481,89	kgm	Mx	506,18	kgm
My	465,3	kgm	My	486,69	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	49194,83	kg	P	53432,45	kg
Mx	-991,74	kgm	Mx	-806,92	kgm
My	805,54	kgm	My	914,11	kgm
Akibat Beban Sementara(1D+ 1L + 1 Ex)					
Joint 499			Joint 500		
P	90908,28	kg	P	67053,79	kg
Mx	1887,38	kgm	Mx	2072,73	kgm
My	4908,34	kgm	My	6326,43	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	63019,14	kg	P	84079,06	kg
Mx	2438,9	kgm	Mx	2119,25	kgm
My	7486,78	kgm	My	5180,48	kgm
Akibat Beban Sementara(1D+ 1L + 1 Ey)					
Joint 499			Joint 500		
P	102960,3	kg	P	99318,75	kg
Mx	6357,38	kgm	Mx	6516,79	kgm
My	1513,57	kgm	My	2787,2	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	89886,57	kg	P	98096,59	kg
Mx	5736,07	kgm	Mx	6247,37	kgm
My	3937,74	kgm	My	1864,87	kgm

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S) menurut buku karangan **Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2** disebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (s) :

2,5 D	\leq	s	\leq	3D
2,5 x 40	\leq	s	\leq	3 x 40
100	\leq	s	\leq	120
Arah x	= 113 cm			
Arah y	= 120 cm			

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer (s') :

1,5 D	\leq	s	\leq	2D
1,5 x 40	\leq	s	\leq	2 x 40
60	\leq	s	\leq	80

Dipakai s' = 65 cm

Perencanaan ketebalan poer tipe 1

Panjang	= 2,8 m
Lebar	= 4,1 m

4.10.4.4 Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi dengan metode AASHTO

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n - 1)m + (m - 1)n}{90. m. n}$$

Dimana :

m	= banyaknya kolom
n	= banyaknya baris
D	= diameter tiang pancang
s	= jarak antar As tiang pancang

$$\begin{aligned}\theta &= \text{arc tg } D/s \\ &= \text{arc tg } 40/120 = 18,26\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \\ &= 1 - 18,26 \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \right) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{ijin tanah}} &= 0,8 \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 0,8 \times 110.700 \text{ kg} \\ &= 88.560 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}P_{\text{ijintanah}} &= 88.560 \text{ kg} < P_{\text{ijin bahan}} \\ &= 88.560 \text{ kg} < 121.100 \text{ kg} \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{ijin tanah total}} &= \text{jumlah tiang} \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 4 \cdot 88.560 \text{ kg} \\ &= 354.240 \text{ kg}\end{aligned}$$

4.10.4.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

1. Perencanaan Akibat Beban Tetap

Dari hasil output SAP 2000 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) diperoleh nilai :

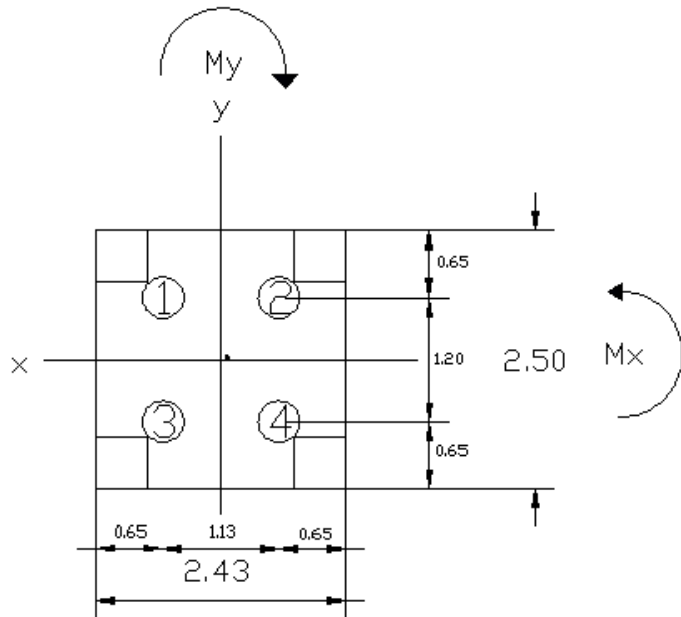
Akibat Beban Tetap (1D+ 1L)					
Joint 499			Joint 500		
P	54884,25	kg	P	55297,71	kg
Mx	481,89	kgm	Mx	506,18	kgm
My	465,3	kgm	My	486,69	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	49194,83	kg	P	53432,45	kg
Mx	-991,74	kgm	Mx	-806,92	kgm
My	805,54	kgm	My	914,11	kgm

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $2,43 \times 2,5 \times 0,5 \times 2400 = 7290 \text{ kg}$
- P.max

P499	= 54884,25 kg
P500	= 55297,71 kg
P501	= 49194,83 kg
P502	= <u>53432,45 kg</u> +
ΣP	= 220099,2 kg

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{220099,2 \text{ kg}}{88560 \text{ kg}} = 2,5 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$



Gambar 4.95 Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Tetap

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.29 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x²
X1	0,565	0,319225
X2	0,565	0,319225
X3	0,565	0,319225
X4	0,565	0,319225
Σx²		1,2769

	y (m)	y²
Y1	0,6	0,36
Y2	0,6	0,36
Y3	0,6	0,36
Y4	0,6	0,36
Σy²		1,44

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{220099,2 \text{ kg}}{4} - \frac{2671,64 \text{ kg} \cdot 0,565}{1,2769} + \frac{-810,59 \text{ kg} (0,6)}{1,44}$$

$$P_1 = 53770,7 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_2 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{220099,2 \text{ kg}}{4} + \frac{2671,64 \text{ kg} \cdot 0,565}{1,2769} + \frac{-810,59 \text{ kg} (0,6)}{1,44}$$

$$P_2 = 55869,2 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_3 = \frac{220099,2 \text{ kg}}{4} - \frac{2671,64 \text{ kg} \cdot 0,565}{1,2769} - \frac{-810,59 \text{ kg} (0,6)}{1,44}$$

$$P_3 = 54180,4 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_4 = \frac{220099,2 \text{ kg}}{4} - \frac{2671,64 \text{ kg} \cdot 0,565}{1,2769} + \frac{-810,59 \text{ kg} (0,6)}{1,44}$$

$$P_4 = 53504,9 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\max} = 55869,2 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

$$P_{\max} = 55869,2 \text{ kg} < 88.560 \text{ kg (memenuhi)}$$

Dari perhitungan pada joint-joint diatas dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) .

2. Perencanaan Akibat Beban Sementara

Dari hasil output SAP 2000 joint 43 akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQx) diperoleh nilai :

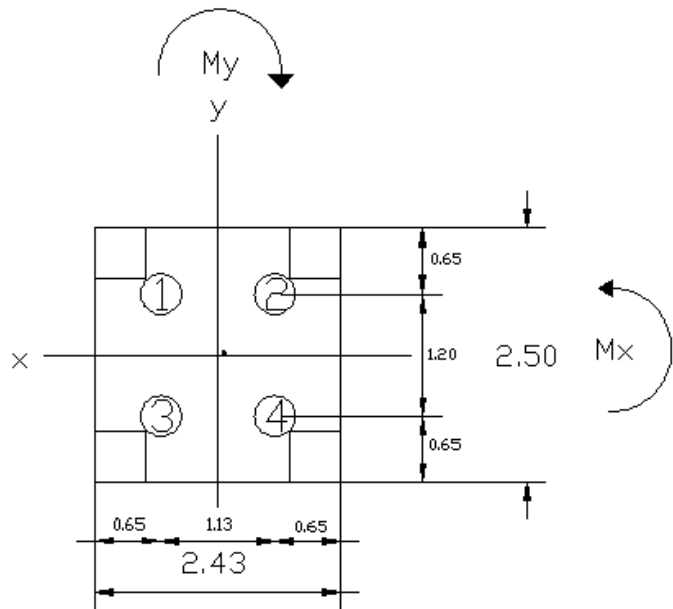
Akibat Beban Sementara(1D+ 1L + 1 Ex)					
Joint 499			Joint 500		
P	90908,28	kg	P	67053,79	kg
Mx	1887,38	kgm	Mx	2072,73	kgm
My	4908,34	kgm	My	6326,43	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	63019,14	kg	P	84079,06	kg
Mx	2438,9	kgm	Mx	2119,25	kgm
My	7486,78	kgm	My	5180,48	kgm

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $2,43 \times 2,5 \times 0,5 \times 2400 = 7290 \text{ kg}$
- P.max

P499	= 90908,28 kg
P500	= 67053,79 kg
P501	= 49194,83 kg
P502	= <u>53432,45 kg</u> +
ΣP	= 312350,3 kg

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{312350,3 \text{ kg}}{88560 \text{ kg}} = 3,5 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$



Gambar 4. 96 Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.30 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x²
X1	0,565	0,319225
X2	0,565	0,319225
X3	0,565	0,319225
X4	0,565	0,319225
Σx²		1,2769

	y (m)	y²
Y1	0,6	0,36
Y2	0,6	0,36
Y3	0,6	0,36
Y4	0,6	0,36
Σx²		1,44

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{312350,3 \text{ kg}}{4} - \frac{23902,03 (0,565)}{1,2769} + \frac{8518,26 \text{ kg} (0,6)}{1,44}$$

$$P_1 = 71060,7 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_2 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{312350,3 \text{ kg}}{4} + \frac{23902,03 (0,565)}{1,2769} + \frac{8518,26 \text{ kg} (0,6)}{1,44}$$

$$P_2 = 92213 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_3 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_3 = \frac{312350,3 \text{ kg}}{4} - \frac{23902,03 (0,565)}{1,2769} - \frac{8518,26 \text{ kg} (0,6)}{1,44}$$

$$P_3 = 63962,2 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_4 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_4 = \frac{312350,3 \text{ kg}}{4} - \frac{23902,03 (0,565)}{1,2769} + \frac{8518,26 \text{ kg} (0,6)}{1,44}$$

$$P_4 = 71060,7 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\text{max}} = 92213 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= 92213 \text{ kg} < 1.3 \times P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 92213 \text{ kg} < 1.3 \times 88.560 \text{ kg} \\ &= 92213 \text{ kg} < 115.128 \text{ kg (memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan pada joint-joint diatas dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL+ IEx) .

3. Perencanaan Akibat Beban Sementara

Dari hasil output SAP 2000 joint 43 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL + EQy) diperoleh nilai :

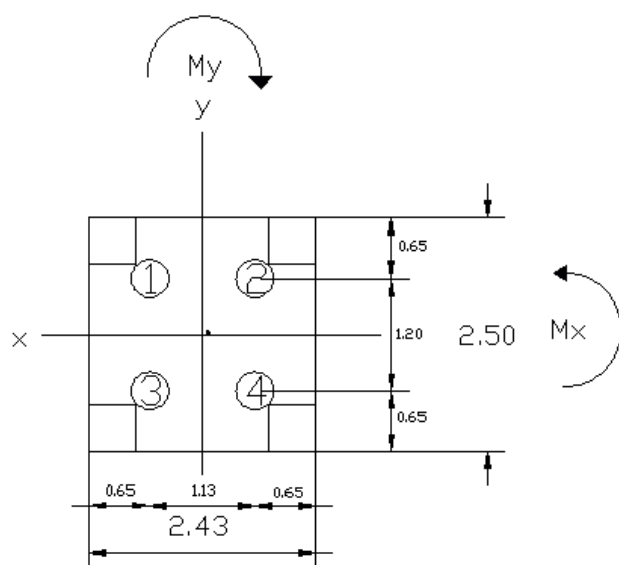
Akibat Beban Sementara(1D+ 1L + 1 Ey)					
Joint 499			Joint 500		
P	102960,3	kg	P	99318,75	kg
Mx	6357,38	kgm	Mx	6516,79	kgm
My	1513,57	kgm	My	2787,2	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	89886,57	kg	P	98096,59	kg
Mx	5736,07	kgm	Mx	6247,37	kgm
My	3937,74	kgm	My	1864,87	kgm

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh
Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara
adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $2,43 \times 2,5 \times 0,5 \times 2400 = 7290$ kg
- P.max

P499	= 102960,3 kg
P500	= 99318,75 kg
P501	= 89866,57 kg
P502	= 98096,59 kg +
ΣP	= 397552,3 kg

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{397552,3 \text{ kg}}{88560 \text{ kg}} = 4 \text{ buah}$$



Gambar 4. 97 Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4.31 Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x²
X1	0,565	0,319225
X2	0,565	0,319225
X3	0,565	0,319225
X4	0,565	0,319225
Σx²		1,2769

	y (m)	y²
Y1	0,6	0,36
Y2	0,6	0,36
Y3	0,6	0,36
Y4	0,6	0,36
Σy²		1,44

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{397552,3 \text{ kg}}{4} - \frac{10103,38 (0,565)}{1,2769} + \frac{24857,61 \text{ kg} \cdot 0,6}{1,44}$$

$$P_1 = 105275 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_2 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{397552,3 \text{ kg}}{4} + \frac{10103,38 (0,565)}{1,2769} + \frac{24857,61 \text{ kg} \cdot 0,6}{1,44}$$

$$P_2 = 114216 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_3 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y}{\sum y^2} \\ P_3 &= \frac{397552,3 \text{ kg}}{4} - \frac{10103,38 (0,565)}{1,2769} - \frac{24857,61 \text{ kg} \cdot 0,6}{1,44} \\ P_3 &= 84560,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_4 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y}{\sum y^2} \\ P_4 &= \frac{397552,3 \text{ kg}}{4} - \frac{10103,38 (0,565)}{1,2769} + \frac{24857,61 \text{ kg} \cdot 0,6}{1,44} \\ P_4 &= 84560,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\text{max}} = 114216 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= 114216 \text{ kg} < 1.3 \times P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 114216 \text{ kg} < 1.3 \times 88560 \text{ kg} \\ &= 114216 \text{ kg} < 115.128 \text{ kg} \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan pada joint-joint diatas dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL+ 1Ey) .

4.10.4.6 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban gsementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

▪ Data Perencanaan

- Dimensi poer = 2,43 m x 2,5 m x 0,5 m
- Jumlah tiang pancang = 2 buah
- Dimensi kolom = 50 cm x 50 cm
- Mutu beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan utama = 19 mm
- Selimut beton (p) = 75 mm
- ϕ = 0,8
- h = 500 mm

$$\begin{aligned} - dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\ &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\ &= 415,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - dy &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\ &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\ &= 396,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

1. Penulangan Poer Arah Sumbu X

Berdasarkan momen yang didapat dari output SAP 2000

$$M_u = 77.092.143 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7.092.143 \text{ Nmm}}{0,8} = 96365178,75 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{96365178,75 \text{ Nmm}}{2500 \text{ mm} \cdot (415,5 \text{ mm})^2} = 0,2$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,2}{400}} \right] \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)} \\ &= 0,75 \cdot 0,027 \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \\ 0,0035 &< 0,001 < 0,02 \quad \text{(tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

maka, ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,001 = 0,0013 < \rho_{\text{min}} \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 2500 \text{ mm} \cdot 415,5 \text{ mm} \\ &= 3635,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ S_{\text{maks}} &\leq 2 \cdot 500 \text{ mm} \\ S_{\text{maks}} &\leq 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan $\emptyset 19$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s} \\ S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 2500 \text{ mm}}{3635,625 \text{ mm}^2} \\ S &= 194 \text{ mm} < 1000 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \\ \text{sehingga,} \\ S_{\text{pakai}} &= 150 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 2500 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 4725 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 4725 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 3635,625 \text{ mm}^2 \text{ (**memenuhi**)}$$

Maka penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan $\emptyset 19-150$

1. Penulangan Poer Arah Sumbu Y

Berdasarkan momen yang didapat dari output SAP 2000

$$M_u = 73.420.256 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{73.420.256 \text{ Nmm}}{0,8} = 91775320 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{91775320 \text{ Nmm}}{2430 \text{ mm} \cdot (396,5 \text{ mm})^2} = 0,2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$= \frac{400}{0,85 \cdot 25}$$

$$= 18,82$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,2}{400}} \right]$$

$$= 0,001$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$= 0,75 \cdot 0,027$$

$$= 0,02$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,001 < 0,02 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

maka, ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,001 = 0,0013 < \rho_{\text{min}} \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 2430 \text{ mm} \cdot 396,5 \text{ mm} \\ &= 3372,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1000 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\emptyset 19$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s} \\ S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 2430 \text{ mm}}{3372,2 \text{ mm}^2} \\ S &= 204 \text{ mm} < 1000 \text{ mm} \text{ (memenuhi)} \\ \text{sehingga,} \\ S_{\text{pakai}} &= 150 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 2430 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 4593 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 4593 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 3372,2 \text{ mm}^2 \text{ (**memenuhi**)}$$

Maka penulangan poer arah sumbu Y dipasang tulangan $\emptyset 19-150$

4.10.4.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan Kolom

Berdasarkan **PBBI '71** ps1 8.6.1 dan 8.6.2 panjang penyaluran dasar (Ld') adalah :

$$Ld' = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{au}^*$$

Dimana :

A = Luas penampang (cm²)

σ_{au}^* = **Kekuatan baja rencana menurut PBBI'71 tabel**

10.4.3

Fy = Tegangan leleh baja : 400 Mpa

σ_{bk} = Kekuatan tekan beton : fc = 25 Mpa

Diameter kawat pengikat minimal 2,5 mm

$$Ld' = 0,07 \times \frac{\left(\frac{1}{4}\pi d^2\right) \times 0,87 \times fy}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times fy$$

$$Ld' = 0,07 \times \frac{2,835 \times 0,87 \times 4000}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 4000$$

$$Ld' = 43,68 \text{ cm} \geq 23,4 \text{ cm}$$

Diambil Ld' = 43,68 cm

Panjang penyaluran

$$(Ld) = Ld' \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 43,68 \text{ cm} \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 48,92 \text{ cm} > 30 \text{ cm (memenuhi)}$$

Diambil Ld = 50 cm

$$\sigma_{kait} = K \times \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

$$\text{Dimana : } K = 0,035 \times \sigma_{au}^* \leq 100$$

$$= 0,035 \times 0,87 \times fy \leq 100$$

$$= 0,03 \times 0,87 \times 4000 \leq 100$$

$$= 121,800 \leq 100$$

Jadi nilai K diambil 100

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{kait}} &= 100 \times \sqrt{250} \\ &= 1581,139 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Panjang penyaluran ekivalen (L'_{dek})

$$L'_{\text{dek}} = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{\text{kait}}}{\sqrt{\sigma' b k}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{\text{kait}}$$

$$L'_{\text{dek}} = 0,07 \times \frac{2,835 \times 1518,139}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 1581,139$$

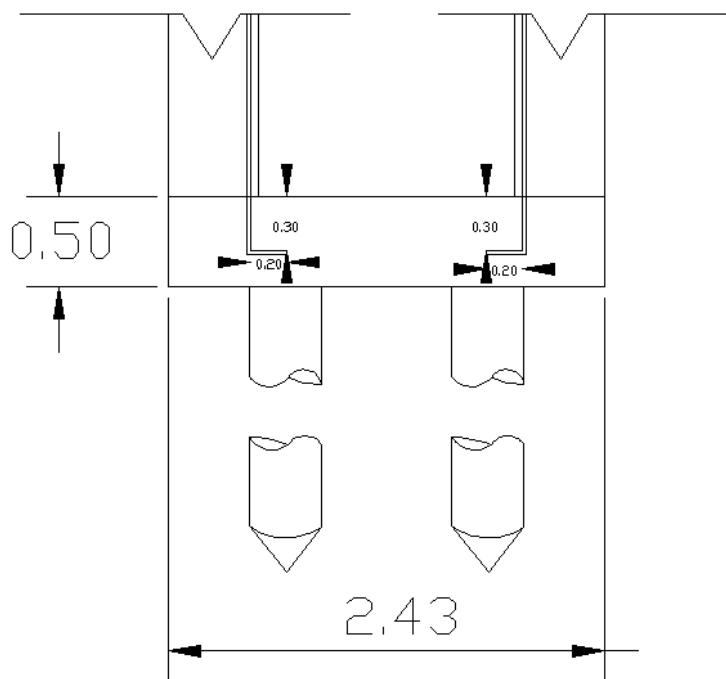
$$L'_{\text{dek}} = 19,054 \text{ cm} \geq 19,527 \text{ cm}$$

Diambil $L'_{\text{dek}} = 20 \text{ cm}$

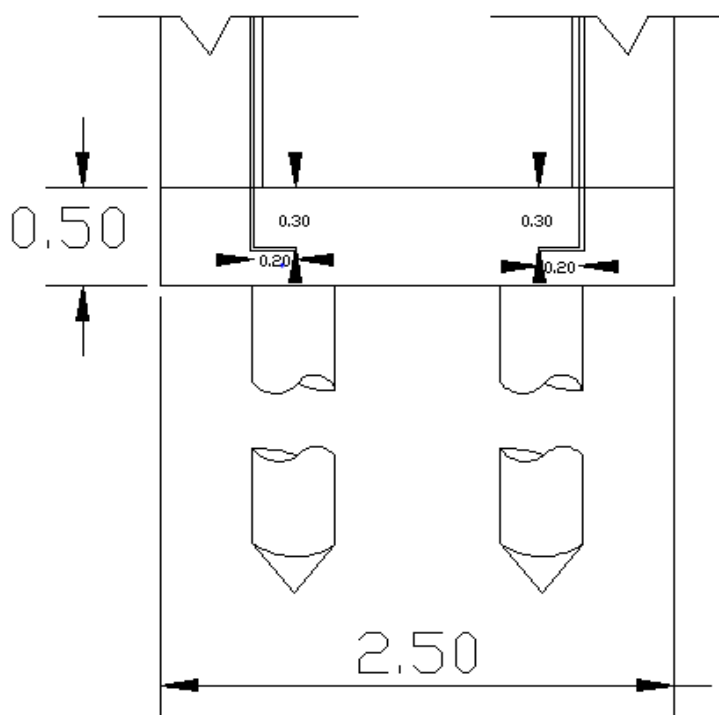
Jadi panjang penjangkaran yang digunakan :

$$= L_d - L'_{\text{dek}}$$

- $50 - 20 = 30 \text{ cm}$
 $= 300 \text{ mm}$
 $= 0,3 \text{ m}$



Gambar 4.98 Gambar Stek Kolom arah X



Gambar 4.99 *Gambar Stek Kolom arah Y*

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Proyek Akhir ini dapat ditarik bebeapa kesimpulan antara lain :

1. Perencanaan Struktur Gedung Klinik Graha RA ini terletak di daerah zona gempa 2 dan di desain menggunakan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)
2. Dari keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini dapat disimpulkan beberapa data perencanaan sebagai berikut :

❖ KOMPONEN PELAT

1. Pelat Lantai

○ Tulangan utama

Tumpuan arah X : $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

Tumpuan arah Y : $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

Lapangan arah X : $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

Lapangan arah Y : $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

○ Tulangan susut

Tumpuan arah X : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

Tumpuan arah Y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

2. Pelat Atap

○ Tulangan utama

Tumpuan arah X : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

Tumpuan arah Y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

Lapangan arah X : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

Lapangan arah Y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

- Tulangan susut
 Tumpuan arah X : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$
 Tumpuan arah Y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

❖ KOMPONEN TANGGA

1. Dimensi Tangga dan Bordes :

Tebal rencana pelat tangga	= 15 cm
Tebal rencana pelat bordes	= 15 cm
Lebar injakan (i)	= 30 cm
Tinggi tanjakan (t)	= 17 cm

2. Penulangan Pelat Tangga
 - Tulangan utama

Tulangan arah X	: $\emptyset 13 - 150 \text{ mm}$
Tulangan arah Y	: $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

 - Tulangan Susut

Tulangan arah X	: $\emptyset 10 - 250 \text{ mm}$
Tulangan arah Y	: $\emptyset 10 - 250 \text{ mm}$

3. Penulangan Balok Bordes

Dimensi	: 25 cm x 40 cm
- Tulangan torsi	: 2 $\emptyset 13$
- Tulangan Lentur	
<u>Tumpuan kiri :</u>	
Tulangan Tarik	: 4D22
Tulangan Tekan	: 2D22
<u>Lapangan :</u>	
Tulangan Tarik	: 2D22
Tulangan Tekan	: 2D22
<u>Tumpuan Kanan :</u>	
Tulangan Tarik	: 3D22
Tulangan Tekan	: 2D22

- Tulangan Geser :
 - Tumpuan kiri : Ø10-100
 - Lapangan : Ø10-150
 - Tumpuan kanan : Ø10-100

❖ KOMPONEN LIFT

- Merk : Hyundai
- Kapasitas : 550 Kg
- Kecepatan : 60 m/min
- Lebar pintu (opening width) : 800 mm
- Dimensi dalam sangkar : 1300x1090 mm²
- Dimensi luar sangkar : 1360x1300mm²
- Dimensi ruang luncur (hoistway) : 2100x1700 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
- R1 = 3700 Kg
- R2 = 1800 Kg

Penulangan Balok Lift:

- Dimensi Balok : 40 cm x 60 cm

- Tulangan Lentur

Tumpuan kiri :

- Tulangan Tarik : 3D19

- Tulangan Tekan : 2D19

Lapangan :

- Tulangan Tarik : 3D19

- Tulangan Tekan : 2D19

Tumpuan Kanan :

- Tulangan Tarik : 3D19

- Tulangan Tekan : 2D19

- Tulangan Geser :

- Tumpuan kiri : Ø12-120

- Lapangan : Ø12-150

- Tumpuan kanan : Ø12-120

❖ **KOMPONEN BALOK**

1. Balok Induk Memanjang

Dimensi	: 40 cm x 75 cm
Tulangan torsi	: 4 Ø 12
<u>Tumpuan kiri :</u>	
Tulangan Tarik	: 5D22
Tulangan Tekan	: 2D22
<u>Lapangan :</u>	
Tulangan Tarik	: 4D22
Tulangan Tekan	: 2D22
<u>Tumpuan Kanan :</u>	
Tulangan Tarik	: 5D22
Tulangan Tekan	: 2D22
<u>Tulangan Geser :</u>	
Tumpuan kiri	: Ø10-150
Lapangan	: Ø10-250
Tumpuan kanan	: Ø10-150
2. Balok Anak Melintang

Dimensi	: 25 cm x 40 cm
Tulangan torsi	: 4 Ø 12
<u>Tumpuan kiri :</u>	
Tulangan Tarik	: 2D19
Tulangan Tekan	: 2D19
<u>Lapangan :</u>	
Tulangan Tarik	: 2D19
Tulangan Tekan	: 2D19
<u>Tumpuan Kanan :</u>	
Tulangan Tarik	: 2D19
Tulangan Tekan	: 2D19
<u>Tulangan Geser :</u>	
Tumpuan kiri	: Ø10-80
Lapangan	: Ø10-85
Tumpuan kanan	: Ø10-80

❖ **KOMPONEN KOLOM**

1. Kolom K1

Dimensi	: 50cm x 50cm
<u>Tulangan Lentur :</u>	
Tumpuan kiri	: 12D22
Lapangan	: 12D22
Tumpuan kanan	: 12D22
<u>Tulangan Geser :</u>	
Tumpuan kiri	: Ø10-200
Lapangan	: Ø10-200
Tumpuan kanan	: Ø10-200

❖ **KOMPONEN SLOOF**

1. Sloof 1

Dimensi	: 40cm x 70cm
<u>Tulangan Lentur :</u>	
Tumpuan kiri	: 3D25
Lapangan	: 3D25
Tumpuan kanan	: 3D25
<u>Tulangan Geser :</u>	
Tumpuan kiri	: Ø10-150
Lapangan	: Ø10-150
Tumpuan kanan	: Ø10-150

❖ **KOMPONEN PONDASI DAN POER**

1. Pondasi Tipe 1

Kedalaman tiang pancang	: 13 m
Diameter tiang pancang	: 40 cm
Dimensi Poer	: 2,20m x 2,07m x 0,5m
Tulangan Poer arah X	: Ø19-150
Tulangan Poer arah Y	: Ø19-150
2. Pondasi Tipe 2

Kedalaman tiang pancang	: 13 m
Diameter tiang pancang	: 40 cm
Dimensi Poer	: 2,20m x 1,2 m x 0,5m

- | | |
|----------------------|-----------|
| Tulangan Poer arah X | : Ø19-150 |
| Tulangan Poer arah Y | : Ø19-200 |
3. Pondasi Tipe 3

Kedalaman tiang pancang	: 13 m
Diameter tiang pancang	: 40 cm
Dimensi Poer	: 1,2 m x 1,2 m x 0,5m
Tulangan Poer arah X	: Ø19-150
Tulangan Poer arah Y	: Ø19-200
 4. Pondasi Tipe 4

Kedalaman tiang pancang	: 13 m
Diameter tiang pancang	: 40 cm
Dimensi Poer	: 2,43 m x 2,5 m x 0,5m
Tulangan Poer arah X	: Ø19-150
Tulangan Poer arah Y	: Ø19-150

5.2 Saran

1. Dalam merencanakan sebuah struktur gedung perlu dilakukan studi lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, estetika, maupun ekonomi ,sehingga perencanaan yang dihasilkan kuat ,ekonimis dan tepat waktu.
2. Sebelum mulaimerencanakan lengapi terlebih dahulu data-data yang dibutuhkan , pastikan saat mulai merencanakan tidak ada data yang kurang seperti data tanah , dan kelengkapan lain yang diperlukan.
3. Perencanaan Struktur Gedung dengan metode SRPMM dapat digunakan untuk bangunan pada zona gempa 1 sampai 4 .

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen pekerjaan umum 2002. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2874-2002)** .Bandung .Badan Standarisasi nasional (BSN)
2. Departemen pekerjaan umum . **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)** .Jakarta .Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
3. Departemen pekerjaan umum 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)** .Bandung .Ditjen Cipta Karya Direktorat Masalah Bangunan
4. Departemen pekerjaan umum 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971)** .Bandung .Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
5. Imran, Iswandi . Hendrik, Fajar .**Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa** .Bandung : ITB
6. Ir .W.C.Vis , Ir Gideon H.Kusuma M.Eng .**Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang** .Jakarta : Erlangga
7. Wang, C.K, dan Salmon, C.G.1990. **Desain Beton Bertulang Edisi ke 4 Jilid 2**.Jakarta :Erlangga
8. Terzagi, Karl dan Ralph B.peck . **Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa** .Jakarta : Erlangga .

LAMPIRAN

A. Data tanah

DRILLING LOG																											
Project No. : 1				Project : Lingsar Luv Trase				Type of Drilling : Rotary				Ket.															
Bore Hole No. : BM II				Lokasi : Paksewan Cey (STA 05+960)				Date : 4 Jun 13																			
Water Table : ± 0.5 m				Elevation : ± 0.0 (muka tanah setempat)				Driller : Disaki																			
Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Description & Colour	Relative Density (% Compaction)	UD / SPT		Standard Penetration Test					Physical Properties				Atterberg Limit		Oedometer Test		Strength Test					
							Depth in m	Sample Case	Blows per each			N - Value		γ_t	W_c	S_r	e	G_s	LL	PL	PI	Swell Test		Yielding Type	C	ϕ	q_u
									15 cm	30 cm	45 cm											Cc	SP					SwP	kg/cm^{2}	°	kg/cm^{2}
0	0.00				Ungun Sirtu Coklat																						
1																											
2		-2.00	2.00																								
3							2.5	SP1-1	1	0	0	1	1														
4					Lempung Berlanau Berpasir Abu-Abu	Very Soft	1.5																				
5		-5.00	3.00				4.2	SP1-2	1	0	0	1	1														
6					Lempung Berlanau Berpasir Berkulit Kering Abu-Abu	Very Soft	1.5																				
7		-7.00	2.00				7.3		1	0	0	1	1														
8					Lempung berlanau Abu-Abu	Very Soft s/d Medium																					
9		-10.00	3.00				10.6		5	1	2	3	0														
10							10.1	SP1-4																			
11																											
12																											
13					Pasir Lempung Berlanau Berkerkil Abu-Abu	Medium	11.5		19	4	7	12	19														
14							11.0	SP1-5																			
15		-15.00	5.00				10.4		49	9	16	33	49														
16							10.1	SP1-6																			
17					Pasir Berkerkil Abu-Abu	Dense s/d Very Dense																					
18		-18.00	3.00				17.1		>60	19	>60	-	>60														
19							18.1	SP1-7																			
20																											
21					Pasir Berlanau Abu-Abu	Very Dense	20.1		>60	19	37	58	>60														
22							20.1	SP1-8																			
23		-22.00	4.00																								
24		-23.00	1.00		Pasir Berlanau Berkerkil Abu-Abu	Very Dense	21.1		>60	8	32	>60	>60														
25							21.0	SP1-9																			
26																											
27							25.0		37	8	13	24	37														
28					Pasir Berlanau Coklat	Dense s/d Very Dense	25.1																				
29							27.1		>60	16	30	51	>60														
30		-30.00	7.00				28.1	SP1-11																			
							28.1	SP1-12																			
							30.1	SP1-13																			

Legends :

- = Lempung
- = Pasir
- = Batu
- = Lantau
- = Kerkil
- = Muka air Tanah

Remarks :

UD = Undisturbed Sample

SPT = SPT Test

° = Not Tested

NP = Non Plastic

NS = Not Sample/SPT > 50

γt = Unit weight

Wc = Water content

Sr = Degree of Saturation

e = Void Ratio

Ge = Specific Gr

PL = Plastic limit

PI = Plasticity Index

Legenda :

- Lempung
- Lanau
- Pasir
- Kerikal
- Batu
- Muka air Tanah

Remarks :

- UD = Undisturbed Sample
- SPT = SPT Test

* = Not Tested

NP = Non Plastic

NS = Net Sample/SPT >50

γ_t = Unit weight

W_c = Water content

S_r = Degree of Saturation

e = Void Ratio

G_s = Specific Gn

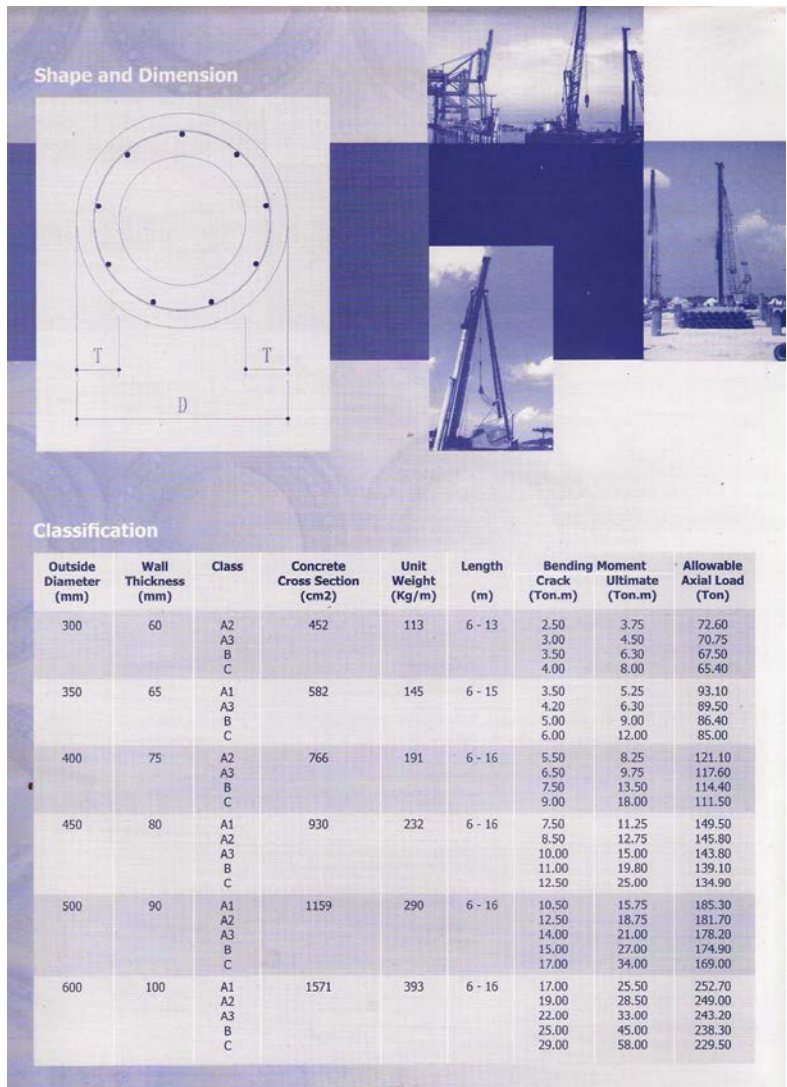
PI = Plasticity Index

LL = Liquid limit

PL = Plastic limit

PI = Plasticity Index

B. Spesifikasi tiang pancang



C. Spesifikasi tendon



Tipe	Diameter (cm)	Tinggi * (cm)	Inlet (inch)	Outlet (inch)	Kapasitas (liter)
TS 25	59	86	1 / 2	-	225
TS 32	67	88	1/2	1/2	300
TS 55	82	112	3/4	3/4	570
TS 70	82	126	3/4	3/4	720
TS 110	111	140	3/4	3/4	1200
TS 220	142	156	1	1	2200
TS 550	187	238	1 1/2	1 1/2	5500

D. Spesifikasi Lift

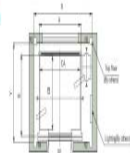
OBSERVATION ELEVATORS

Machine-Room-Less Elevators | 60 ~ 105m/min

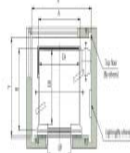
Plan of Hoistway & Machine Room

8~17 Person

1 Side Type

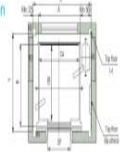


2 Side Type

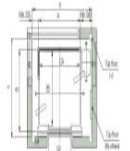


20, 24 Person

1 Side Type

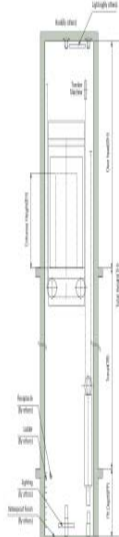


2 Side Type



Floor without control panel

Section of Hoistway



Note: The lighting of hoistway should be installed for floor above the door for working of hoistway and for the 300mm above the door for light. (Refer to page 10)

Standard Dimensions & Reactions

(Unit: mm)

Type	Speed (m/min)	Capacity Person	Capacity kg	Car Opening	Internal Car x CB	Car External A x B	Hoistway X x Y	M/C Room Reaction
1 Side Observation	60	8	200	800	1200x1050	1260x1200	2100x1700	2700
		9	400	800	1200x1160	1260x1270	2100x1800	3600
		10	700	800	1200x1200	1260x1310	2100x1850	4000
		11	750	800	1200x1400	1260x1410	2100x1900	4100
		12	900	800	1400x1200	1460x1310	2300x1850	4400
	105	13	900	900	1500x1400	1560x1410	2300x1900	4400
		15	1000	900	1600x1400	1660x1410	2300x1950	4400
		17	1100	1000	1800x1400	1900x1410	2400x2150	5500
		20	1250	1000	1800x1400	1900x1410	2400x2450	7000
		24	1600	1100	2000x1700	2100x1710	2600x2500	8000
2 Side Observation	60	8	200	800	1200x1050	1260x1200	2200x1700	2700
		9	400	800	1200x1160	1260x1270	2200x1800	3600
		10	700	800	1200x1200	1260x1310	2200x1850	4000
		11	750	800	1200x1400	1260x1410	2200x1900	4100
		12	900	800	1400x1200	1460x1310	2300x1850	4400
	105	15	1000	900	1600x1400	1760x1410	2400x1950	4400
		17	1100	1000	1800x1400	1960x1410	2500x2150	5500
		20	1200	1000	1800x1400	1960x1410	2500x2450	7000
		24	1600	1100	2000x1700	2160x1710	2600x2500	8000

1. This table is based on 100kg/person and of elevator dimension is 2000mm x 2000mm (100kg/person) and 2000mm.
2. When new standard specification and dimension is required, the dimension should be adjusted to meet the local code, please consult the supplier.
3. The reaction force dimension is shown on the above table. Therefore, some dimension should be made considering the design of the building.
4. The reaction force dimension is based on 100kg/person (100kg/person).
5. The height of the floor is 2000mm (2000mm) and the height of the floor is 2000mm.
6. When dimension is applied to standard dimension, it is based on the standard dimension. Therefore, the dimension is 2000mm x 2000mm (100kg/person) and 2000mm.
7. The reaction force dimension is based on 100kg/person (100kg/person) and 2000mm.

(Unit: mm)

Person	Speed (m/min)	Car Height (mm)	Car Width (mm)	Car Depth (mm)
8~15	60	4250	1700	530
	105	4250	1800	530
	105	4400	1800	530
17	60	4250	1750	530
	105	4250	1850	530
	105	4400	1850	530
20~24	60	5000	1750	530
	105	5000	1850	530
	105	5250	1900	630

1. When dimension is applied to standard dimension, it is based on the standard dimension. Therefore, the dimension is 2000mm x 2000mm (100kg/person) and 2000mm.
2. When new standard specification and dimension is required, the dimension should be adjusted to meet the local code, please consult the supplier.
3. The reaction force dimension is shown on the above table. Therefore, some dimension should be made considering the design of the building.
4. When the dimension is applied to standard dimension, it is based on the standard dimension. Therefore, the dimension is 2000mm x 2000mm (100kg/person) and 2000mm.
5. The height of the floor is 2000mm (2000mm) and the height of the floor is 2000mm.
6. When dimension is applied to standard dimension, it is based on the standard dimension. Therefore, the dimension is 2000mm x 2000mm (100kg/person) and 2000mm.
7. The reaction force dimension is based on 100kg/person (100kg/person) and 2000mm.

E.. Tipe plat

Tabel penulangan pelat lantai 1,2,3

Tipe plat	qu (kg/m ³)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai	Tipe plat	qu (kg/m ³)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai	Tipe plat	qu (kg/m ³)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai	Tipe plat	qu (kg/m ³)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai
A	899.2	Mlx= 233.64	10-779.67	10-150	K	899.2	Mlx= 241.7369	10-753.34	10-150	S	899.2	Mlx= 131.75	10-1387.3	10-150					
		Mly= 101.03	10-1618.9	10-150			Mlx= 477.7222	10-378.19	10-150			Mly= 56.975	10-2876.1	10-150					
		Mlx= 498.86	10-361.89	10-150			Mlx= 285.21454	10-10-686.12	10-150			Mlx= 281.31	10-646.51	10-150					
B	899.2	Mlx= 359.93	10-349.24	10-150	L	899.2	Mlx= 524.11444	10-344.16	10-150			Mly= 202.97	10-802.46	10-150					
		Mlx= 275.16	10-661.11	10-150			Mlx= 76.8816	10-2381.7	10-150			Mlx= 50.58	10-3623.3	10-150					
		Mly= 145.67	10-1120.8	10-150			Mlx= 28.3248	10-5798	10-150	T	899.2	Mlx= 23.885	10-6863.8	10-150					
C	899.2	Mlx= 530.77	10-304.62	10-150	M	899.2	Mlx= 163.8792	10-1114.1	10-150			Mlx= 106.76	10-1713.1	10-150					
		Mlx= 461.29	10-349.24	10-150			Mly= 115.3224	10-417.5	10-150			Mlx= 80.085	10-2044.2	10-150					
		Mlx= 258.9	10-703	10-150			Mlx= 275.1552	10-661.11	10-150	U	899.2	Mlx= 343.1	10-528.98	10-150					
D	899.2	Mlx= 524.11	10-344.16	10-150	N	899.2	Mlx= 145.6704	10-1120.8	10-150			Mlx= 181.64	10-897.49	10-150					
		Mlx= 323.71	10-561.03	10-150			Mlx= 530.7744	10-304.62	10-150			Mlx= 736.66	10-243.06	10-150					
		Mly= 97.14	10-1684.6	10-150			Mly= 461.2896	10-349.24	10-150	V	899.2	Mlx= 575.2	10-278.69	10-150					
E	899.2	Mlx= 671.7	10-267.17	10-150	O	899.2	Mlx= 108.32637	10-1679.2	10-150			Mlx= 100.71	10-1816.7	10-150					
		Mlx= 461.29	10-349.24	10-150			Mly= 77.805978	10-2104.3	10-150			Mlx= 71.936	10-2276.5	10-150					
		Mlx= 258.9	10-703	10-150			Mlx= 248.97913	10-731.26	10-150	W	899.2	Mlx= 230.2	10-791.42	10-150					
F	899.2	Mlx= 524.11	10-2344.2	10-150	P	899.2	Mly= 217.65674	10-747.17	10-150			Mlx= 201.42	10-808.7	10-150					
		Mlx= 323.71	10-561.03	10-150			Mlx= 155.6196	10-1173.6	10-150			Mlx= 56.2	10-3260.4	10-150					
		Mly= 105.21	10-1554.5	10-150			Mlx= 46.683567	10-3512	10-150	X	899.2	Mlx= 16.86	10-9735.1	10-150					
G	899.2	Mlx= 663.61	10-270.51	10-150	Q	899.2	Mlx= 322.89481	10-562.46	10-150			Mlx= 116.62	10-1568.1	10-150					
		Mlx= 461.29	10-349.24	10-150			Mly= 221.74704	10-733.94	10-150			Mlx= 80.085	10-2044.2	10-150					
		Mlx= 94.28	10-10417	10-150			Mlx= 249.82474	10-728.76	10-150	Y	899.2	Mlx= 160.98	10-1134.3	10-150					
H	899.2	Mlx= 186.32	10-979.24	10-150	R	899.2	Mlx= 178.44624	10-913.69	10-150			Mlx= 76.018	10-2153.9	10-150					
		Mlx= 218.72	10-833.28	10-150			Mlx= 571.02797	10-315.37	10-150			Mlx= 339.84	10-534.11	10-150					
		Mlx= 80.58	10-1443	10-150			Mlx= 499.64947	10-321.89	10-150	Y	899.2	Mlx= 254.88	10-637.64	10-150					
I	899.2	Mlx= 466.21	10-387.67	10-150	R	899.2	Mlx= 63.611028	10-2631.1	10-150			Mlx= 96.682	10-1892.7	10-150					
		Mlx= 461.29	10-349.24	10-150			Mlx= 63.611028	10-2352.8	10-150			Mlx= 18.416	10-892.2	10-150					
		Mlx= 241.74	10-753.34	10-150			Mlx= 172.37017	10-1059	10-150			Mlx= 181.06	10-954.76	10-150					
J	899.2	Mlx= 477.72	10-378.18	10-150			Mly= 172.37017	10-1059	10-150			Mlx= 181.06	10-954.76	10-150					
		Mlx= 253.98	10-771.67	10-150			Mly= 172.37017	10-946.14	10-150			Mlx= 131.21	10-1245	10-150					

Tipe platau (kg/m ³)	Momen (kg/m ³)	Tulangan perlu	Ulangan pakai	Tipe platau (kg/m ³)	Momen (kg/m ³)	Tulangan perlu	Ulangan pakai	Tipe platau (kg/m ³)	Momen (kg/m ³)	Tulangan perlu	Ulangan pakai	Momen (kg/m ³)	Tulangan perlu	Tulangan pakai
Z	M ₁ = 82.08	0-10- 832.7	0-10-50	II	M ₁ = 18395	0-10- 10008	0-10-50	R1	M ₁ = 80.33	0-10- 2262.3	0-10-50	M ₁ = 72.84	0-10- 251.3	0-10-50
	M ₂ = 35.463	0-10- 2222.4	0-10-50		M ₂ = 18395	0-10- 10008	0-10-50		M ₂ = 26.3	0-10- 6238	0-10-50	M ₂ = 61.9	0-10- 2671.3	0-10-50
	M ₃ = 175.1	0-10- 4624.8	0-10-50		M ₃ = 4.2053	0-10- 4385	0-10-50		M ₃ = 85.3	0-10- 100.5	0-10-50	M ₃ = 171.83	0-10- 1061.3	0-10-50
A1	M ₁ = 16.34	0-10- 233.3	0-10-50	J1	M ₁ = 4.2053	0-10- 4385	0-10-50	S1	M ₁ = 15.32	0-10- 147.5	0-10-50	M ₁ = 57.32	0-10- 1037.3	0-10-50
	M ₂ = 193.82	0-10- 1308.3	0-10-50		M ₂ = 2.5551	0-10- 7004	0-10-50		M ₂ = 84.98	0-10- 254.3	0-10-50	M ₂ = 233.88	0-10- 778.85	0-10-50
	M ₃ = 80.482	0-10- 2703.8	0-10-50		M ₃ = 6.4012	0-10- 2871	0-10-50		M ₃ = 87.93	0-10- 1087.1	0-10-50	M ₃ = 70.16	0-10- 2334.2	0-10-50
B1	M ₁ = 285.53	0-10- 605.8	0-10-50	K1	M ₁ = 36.865	0-10- 4375.5	0-10-50	T1	M ₁ = 40.58	0-10- 3623.3	0-10-50	M ₁ = 485.3	0-10- 372.8	0-10-50
	M ₂ = 215.4	0-10- 755.78	0-10-50		M ₂ = 22.555	0-10- 7262.6	0-10-50		M ₂ = 42.49	0-10- 3833.1	0-10-50	M ₂ = 333.29	0-10- 488.04	0-10-50
	M ₃ = 52.986	0-10- 3494.3	0-10-50		M ₃ = 82.054	0-10- 22312	0-10-50		M ₃ = 113.37	0-10- 15318	0-10-50	M ₃ = 143.61	0-10- 1272.3	0-10-50
C1	M ₁ = 103.32	0-10- 1780.4	0-10-50	L1	M ₁ = 67.764	0-10- 2416.4	0-10-50	U1	M ₁ = 103.26	0-10- 1436.6	0-10-50	M ₁ = 283.79	0-10- 640.8	0-10-50
	M ₂ = 3.4416	0-10- 19437	0-10-50		M ₂ = 82.96	0-10- 2207	0-10-50		M ₂ = 33.71	0-10- 5440.1	0-10-50	M ₂ = 166.55	0-10- 1096.2	0-10-50
	M ₃ = 18.658	0-10- 3632.4	0-10-50		M ₃ = 24.28	0-10- 6758.4	0-10-50		M ₃ = 17.84	0-10- 917.5	0-10-50	M ₃ = 333.13	0-10- 551.68	0-10-50
D1	M ₁ = 82.951	0-10- 2207	0-10-50	M1	M ₁ = 167.93	0-10- 1087.1	0-10-50	V1	M ₁ = 72.37	0-10- 2530.3	0-10-50	M ₁ = 233.89	0-10- 778.85	0-10-50
	M ₂ = 67.33	0-10- 1087.1	0-10-50		M ₂ = 115.32	0-10- 147.5	0-10-50		M ₂ = 53.53	0-10- 3061.4	0-10-50	M ₂ = 76.01	0-10- 2541	0-10-50
	M ₃ = 5.3703	0-10- 34559	0-10-50		M ₃ = 84.98	0-10- 2543.3	0-10-50		M ₃ = 17.39	0-10- 16546	0-10-50	M ₃ = 479.46	0-10- 376.79	0-10-50
E1	M ₁ = 10.195	0-10- 17465	0-10-50	N1	M ₁ = 167.93	0-10- 1087.1	0-10-50	W1	M ₁ = 10.17	0-10- 15397	0-10-50	M ₁ = 333.23	0-10- 488.04	0-10-50
	M ₂ = 37.684	0-10- 4854.7	0-10-50		M ₂ = 84.98	0-10- 2543.3	0-10-50		M ₂ = 38.72	0-10- 4794.7	0-10-50	M ₂ = 16.26	0-10- 573	0-10-50
	M ₃ = 74.634	0-10- 2453.6	0-10-50		M ₃ = 167.93	0-10- 1087.1	0-10-50		M ₃ = 31.98	0-10- 5127.3	0-10-50	M ₃ = 61.55	0-10- 2682	0-10-50
G1	M ₁ = 22.48	0-10- 8593.3	0-10-50	O1	M ₁ = 42.49	0-10- 4314.6	0-10-50	Y1	M ₁ = 5.85	0-10- 1576	0-10-50	M ₁ = 243.6	0-10- 723.42	0-10-50
	M ₂ = 18.883	0-10- 8891.3	0-10-50		M ₂ = 42.49	0-10- 3853.1	0-10-50		M ₂ = 6.39	0-10- 19588	0-10-50	M ₂ = 194.89	0-10- 838	0-10-50
	M ₃ = 53.053	0-10- 3454.1	0-10-50		M ₃ = 105.21	0-10- 1738.8	0-10-50		M ₃ = 34.03	0-10- 5388.6	0-10-50	M ₃ = 88.17	0-10- 2082.3	0-10-50
H1	M ₁ = 48.557	0-10- 3375.3	0-10-50	P1	M ₁ = 105.21	0-10- 5545.5	0-10-50	X1	M ₁ = 26.58	0-10- 6174.3	0-10-50	M ₁ = 88.17	0-10- 2402.7	0-10-50
	M ₂ = 33.955	0-10- 4623.2	0-10-50		M ₂ = 5.3703	0-10- 34559	0-10-50		M ₂ = 23.98	0-10- 7762.3	0-10-50	M ₂ = 88.79	0-10- 1015	0-10-50
	M ₃ = 11.686	0-10- 13800	0-10-50		M ₃ = 10.495	0-10- 17465	0-10-50		M ₃ = 46.58	0-10- 3370.3	0-10-50	M ₃ = 88.79	0-10- 366.3	0-10-50
I1	M ₁ = 82.284	0-10- 2214.3	0-10-50	Q1	M ₁ = 62.72	0-10- 2301.8	0-10-50	A'	M ₁ = 19.58	0-10- 3370.3	0-10-50	M ₁ = 166.55	0-10- 1096.2	0-10-50
	M ₂ = 56.538	0-10- 2869.3	0-10-50		M ₂ = 36.44	0-10- 4286	0-10-50		M ₂ = 38.63	0-10- 4758.6	0-10-50	M ₂ = 66.55	0-10- 396.2	0-10-50
					M ₃ = 139.6	0-10- 1306.3	0-10-50		M ₃ = 333.89	0-10- 534.02	0-10-50	M ₃ = 333.13	0-10- 551.68	0-10-50
								B'	M ₁ = 671.7	0-10- 267.7	0-10-50			
									M ₂ = 41.64	0-10- 4402.8	0-10-50			
									M ₃ = 62.23	0-10- 2224.3	0-10-50			

Tabel penulangan pelat lantai 4

Tipe plat	qu (kg/m ³)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai	Tipe plat	qu (kg/m ³)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai	Tipe plat	qu (kg/m ³)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai
A	845.2	Mlx= 219.61	φ 10- 829.86	φ 10-200	J	845.2	Mlx= 221.81	φ 10- 821.56	φ 10-200	R'	845.2	Mlx= 15.94	φ 10- 1151.4	φ 10-200
		Mly= 94.9667	φ 10- 1722.8	φ 10-200			Mlx= 449.03	φ 10- 407.74	φ 10-200			Mlx= 31.49	φ 10- 5823.3	φ 10-200
		Mlx= 468.898	φ 10- 385.41	φ 10-200			Mlx= 227.22	φ 10- 821.56	φ 10-200			Mlx= 15.94	φ 10- 1151.4	φ 10-200
B	845.2	Mly= 338.319	φ 10- 349.2	φ 10-200	K	845.2	Mlx= 449.03	φ 10- 407.74	φ 10-200	S'	845.2	Mlx= 31.49	φ 10- 5823.3	φ 10-200
		Mlx= 238.631	φ 10- 703.74	φ 10-200			Mlx= 249.29	φ 10- 730.34	φ 10-200			Mlx= 145.31	φ 10- 1257.2	φ 10-150
		Mlx= 136.922	φ 10- 1192	φ 10-200			Mlx= 492.64	φ 10- 366.54	φ 10-200			Mlx= 45.59	φ 10- 3760.9	φ 10-150
C	845.2	Mlx= 555.296	φ 10- 324.49	φ 10-200	B1	845.2	Mlx= 49.428	φ 10- 3707.9	φ 10-200	T'	899.2	Mlx= 301.53	φ 10- 602.76	φ 10-150
		Mlx= 433.588	φ 10- 349.24	φ 10-200			Mlx= 97.68	φ 10- 1873.3	φ 10-200			Mlx= 207.08	φ 10- 788.44	φ 10-150
		Mlx= 174.251	φ 10- 1047.5	φ 10-200			Mlx= 21.13	φ 10- 8681.6	φ 10-200			Mlx= 72.27	φ 10- 2534.2	φ 10-200
D	899.2	Mlx= 323.712	φ 10- 561.029	φ 10-150	G1	845.2	Mlx= 177.75	φ 10- 9247	φ 10-200	U'	845.2	Mlx= 26.62	φ 10- 6162.5	φ 10-200
		Mlx= 97.1136	φ 10- 1684.57	φ 10-150			Mlx= 49.87	φ 10- 3675.2	φ 10-200			Mlx= 154.04	φ 10- 1185.7	φ 10-200
		Mlx= 671.702	φ 10- 287.17	φ 10-150			Mlx= 45.64	φ 10- 3592	φ 10-200			Mlx= 108.39	φ 10- 108.5	φ 10-200
E	845.2	Mlx= 243.352	φ 10- 366.54	φ 10-200	K'	845.2	Mlx= 77.76	φ 10- 3354.8	φ 10-200	V'	845.2	Mlx= 79.88	φ 10- 2292.3	φ 10-200
		Mlx= 492.64	φ 10- 514.34	φ 10-200			Mlx= 6.02	φ 10- 3050.3	φ 10-200			Mlx= 157.84	φ 10- 1157	φ 10-200
		Mlx= 303.712	φ 10- 561.03	φ 10-150			Mlx= 77.76	φ 10- 1188.6	φ 10-200			Mlx= 74.86	φ 10- 2446.2	φ 10-150
F	899.2	Mlx= 105.206	φ 10- 1554.47	φ 10-150	L'	845.2	Mlx= 35.49	φ 10- 5165.2	φ 10-200	W'	899.2	Mlx= 32.38	φ 10- 5067.1	φ 10-150
		Mlx= 663.61	φ 10- 270.51	φ 10-150			Mlx= 70.15	φ 10- 2610.8	φ 10-200			Mlx= 159.83	φ 10- 1142.5	φ 10-150
		Mlx= 461.29	φ 10- 349.24	φ 10-150			Mlx= 35.49	φ 10- 5165.2	φ 10-200			Mlx= 115.32	φ 10- 1417.5	φ 10-150
G	899.2	Mlx= 94.28	φ 10- 1041.67	φ 10-150	M'	845.2	Mlx= 70.15	φ 10- 2610.8	φ 10-200	X'	899.2	Mlx= 167.93	φ 10- 1087.1	φ 10-150
		Mlx= 186.315	φ 10- 979.24	φ 10-150			Mlx= 39.14	φ 10- 4684.4	φ 10-200			Mlx= 34.08	φ 10- 5379.8	φ 10-150
		Mlx= 205.582	φ 10- 886.9	φ 10-200			Mlx= 77.34	φ 10- 2367.5	φ 10-200			Mlx= 67.36	φ 10- 2719.3	φ 10-150
H	845.2	Mlx= 75.7405	φ 10- 2161.83	φ 10-200	O'	845.2	Mlx= 39.14	φ 10- 4684.4	φ 10-200	Z'	948.344	Mlx= 266.389	φ 10- 683.07	φ 10-200
		Mlx= 438.213	φ 10- 412.83	φ 10-200			Mlx= 77.34	φ 10- 2367.5	φ 10-200			Mlx= 552.759	φ 10- 326	φ 10-200
		Mlx= 308.372	φ 10- 349.24	φ 10-200			Mlx= 39.14	φ 10- 4684.4	φ 10-200			Mlx= 34.09	φ 10- 5379.8	φ 10-150
I	845.2	Mlx= 227.22	φ 10- 801.86	φ 10-200	Q'	845.2	Mlx= 4.86	φ 10- 37768	φ 10-200	B''	899.2	Mlx= 101.58	φ 10- 1801.2	φ 10-150
		Mlx= 449.03	φ 10- 402.74	φ 10-200			Mlx= 9.6	φ 10- 19108	φ 10-200			Mlx= 200.73	φ 10- 908.47	φ 10-150

Tabel penulangan pelat atap penthouse									
Tipe plat	qu (kg/m3)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai	Tipe plat	ju (kg/m3)	Momen (kgm/m)	Tulangan perlu	Tulangan pakai
C"	899.2	Mlx= 517.94	φ 10- 348.34	φ 10-150	D	605.2	Mlx= 217.872	φ 10- 836.53	φ 10-200
		Mtx= 1093.43	φ 10- 161.67	φ 10-150			Mly= 65.3616	φ 10- 2506.18	φ 10-200
D"	899.2	Mlx= 19.58	φ 10- 9370.3	φ 10-150			Mtx= 452.084	φ 10- 399.978	φ 10-200
		Mtx= 38.69	φ 10- 4738.6	φ 10-150			Mty= 310.468	φ 10- 522.255	φ 10-200
E"	899.2	Mlx= 15.85	φ 10- 11576	φ 10-150	Mlx= 217.872	φ 10- 836.53	φ 10-200		
		Mly= 8.39	φ 10- 19568	φ 10-150	Mly= 70.808	φ 10- 2312.9	φ 10-200		
		Mtx= 34.03	φ 10- 5388.6	φ 10-150	Mtx= 446.637	φ 10- 404.93	φ 10-200		
		Mty= 26.58	φ 10- 6174.9	φ 10-150	Mty= 310.467	φ 10- 522.26	φ 10-200		
F"	899.2	Mlx= 168.89	φ 10- 1080.9	φ 10-150	G"	605.2	Mlx= 223.319	φ 10- 815.98	φ 10-200
		Mly= 120.64	φ 10- 1354.8	φ 10-150			Mtx= 452.084	φ 10- 399.98	φ 10-200
		Mtx= 386.04	φ 10- 469.46	φ 10-150	Mlx= 85.26	φ 10- 2147.2	φ 10-200		
		Mty= 337.79	φ 10- 479.46	φ 10-150	Mly= 85.26	φ 10- 1919.8	φ 10-200		
G"	899.2	Mlx= 250.88	φ 10- 725.68	φ 10-150	H"	605.2	Mtx= 211.11	φ 10- 863.53	φ 10-200
		Mly= 129.49	φ 10- 1261.7	φ 10-150			Mty= 211.11	φ 10- 771.28	φ 10-200
		Mtx= 558.4	φ 10- 322.64	φ 10-150	Mlx= 55.83	φ 10- 3282	φ 10-200		
		Mty= 453.19	φ 10- 355.6	φ 10-150	Mly= 16.34	φ 10- 10045	φ 10-200		
H"	899.2	Mlx= 126.68	φ 10- 1443.2	φ 10-150	J"	605.2	Mtx= 113.02	φ 10- 1618.2	φ 10-200
		Mly= 126.68	φ 10- 1289.9	φ 10-150			Mty= 77.62	φ 10- 2109.4	φ 10-200
		Mtx= 313.67	φ 10- 579.2	φ 10-150					
		Mty= 313.67	φ 10- 516.87	φ 10-150					
I"	845.2	Mlx= 213.68	φ 10- 853.08	φ 10-200					
		Mly= 100.9	φ 10- 1621.1	φ 10-200					
		Mtx= 451.09	φ 10- 400.87	φ 10-200					
		Mty= 338.32	φ 10- 478.7	φ 10-200					

F.Portal memanjang As 8

PORTAL MEMANJANG AS-8

Balok Induk										TORSI									
Lantai	As	Frame	L	Ln	Daerah	Output SAP				TORSI									
						Mu max	Tort (Tu)	In	Ap	Pop	Ash	Ph	Batas Tu _{min}	Batas Tu _{max}					
						N/mm	N/mm	N/mm	mm ²	mm	mm ²	mm	mm	N/mm					
1	8 (A-C)	23	8000	7500	Tump. Kiri	292,240,442.00	40,186,928.00	53,583,570.67	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			8000	7500	Lapangan	202,151,049.90	40,186,928.00	53,583,570.67	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			8000	7500	Tump. Kanan	341,414,642.00	40,186,928.00	53,583,570.67	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			3000	2500	Tump. Kiri	218,120,560.00	22,089,693.60	29,452,924.80	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
	8 (C-D)	24	3000	2500	Lapangan	36,713,372.00	22,089,693.60	29,452,924.80	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			3000	2500	Tump. Kanan	163,897,263.00	22,089,693.60	29,452,924.80	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			6000	5500	Tump. Kiri	160,551,487.00	70,711,011.00	94,281,348.00	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
	8 (D-G)	25	6000	5500	Lapangan	56,392,469.47	70,711,011.00	94,281,348.00	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			6000	5500	Tump. Kanan	230,779,705.00	70,711,011.00	94,281,348.00	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			7950	7450	Tump. Kiri	331,551,614.00	52,043,645.31	69,391,527.08	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
2	8 (G-I)	26	7950	7450	Lapangan	202,301,006.00	52,043,645.31	69,391,527.08	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			7950	7450	Tump. Kanan	325,679,300.00	52,043,645.31	69,391,527.08	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			8000	7500	Tump. Kiri	293,383,510.00	29,648,064.20	39,530,752.27	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
	8 (A-C)	60	8000	7500	Lapangan	79,321,520.30	29,648,064.20	39,530,752.27	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			8000	7500	Tump. Kanan	304,609,228.00	29,648,064.20	39,530,752.27	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			3000	2500	Tump. Kiri	151,390,792.00	18,558,454.60	24,744,606.13	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
	8 (C-D)	61	3000	2500	Lapangan	52,690,499.00	18,558,454.60	24,744,606.13	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			3000	2500	Tump. Kanan	152,857,000.00	18,558,454.60	24,744,606.13	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			6000	5500	Tump. Kiri	142,205,608.00	54,124,449.00	72,165,932.00	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
	8 (D-G)	62	6000	5500	Lapangan	49,438,287.43	54,124,449.00	72,165,932.00	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
			7950	7450	Tump. Kiri	333,623,516.00	54,839,485.45	73,119,313.93	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					
	8 (G-I)	63	7950	7450	Lapangan	207,447,807.60	54,839,485.45	73,119,313.93	300000	2300	2E+05	1940	12,228,260.87	48,913,043.48					

Balok Induk

Dimensi balok (b balok) = 400 mm

Dimensi balok (h balok) = 750 mm

Dimensi kolom (b kolom) = 500 mm

Dimensi kolom (h kolom) = 500 mm

Kuat tekan beton (f_c) = 25 Mpa

Kuat tarik tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa

Kuat tarik tulangan geser (f_{vy}) = 240 Mpa

Kuat tarik tulangan puntir (f_{yt}) = 400 Mpa

Diameter tulangan lentur (D lentur) = 22 mm

Diameter tulangan geser (D geser) = 10 mm

Diameter tulangan puntir (D puntir) = 12 mm

Jacke besi tulangan sagar (S sagar) = 25 mm

Tebal selimut beton (d decking) = 40 mm

faktor (β1) = 0.85

Faktor reduksi kekuatan lentur (φ) = 0.8

Faktor reduksi kekuatan geser (φ) = 0.75

Faktor reduksi kekuatan puntir (φ) = 0.75

Cut θ = 1

δ = 689 mm

d = 61 mm

Tulangan Tuggal													Lentur										Tulangan Rans			
Rn	ρ balance	ρ min	ρ max	m	ρ perlu	ρ pakai	As perlu	Jumlah Tul.	Jumlah Tul. Pakai	Kontrol	Cs = T _r	f _y	M _{po}	Cek Syarat	A _s ¹	A _s	As	Jumlah Tul. Tarik	Jumlah As Pakai	Jumlah As Pakai	Jumlah As Pakai					
1.92	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00365119	0.00365119	1392.19002	4	1392.0871	5	1900.7	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.92	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00365119	0.00365119	1392.19002	4	1392.0871	5	1900.7	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.33	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.0043806	0.0044697	1231.3673	3	1765.6231	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
2.25	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00395211	0.00395211	1640.4072	4	1520.5	5	1900.7	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.44	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00371985	0.00371985	1025.19091	3	1444.3246	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
0.37	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.0039933	0.0035	964.6	3	3290.9105	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.08	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00277014	0.00360119	992.487236	3	1484.0105	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.06	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00279666	0.00322236	970.81672	3	1484.0991	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
0.37	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.0039933	0.0035	964.6	3	3290.9105	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.65	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00430121	0.00430121	1185.14402	3	1830.2644	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
2.31	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.004308	0.004308	1692.3875	3	1830.2644	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
2.31	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.004308	0.004308	1692.3875	3	1830.2644	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
2.31	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.004308	0.004308	1692.3875	3	1830.2644	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
2.14	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00366137	0.00366137	1560.71452	4	1709.0548	5	1900.7	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.93	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00370017	0.00370017	1397.33893	4	1400.7347	5	1900.7	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.23	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.003178	0.003178	1138.4243	3	1660.2406	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
2.01	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00327484	0.00327484	1433.74499	4	1693.94872	5	1900.7	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.00	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00255278	0.0035	964.6	3	3382.16636	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
0.35	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.0037432	0.0035	964.6	3	3382.16636	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.01	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00257813	0.0035	964.6	3	3382.16636	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
0.94	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00239423	0.0035	964.6	3	3393.0906	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
0.33	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.0038027	0.0035	964.6	3	3393.0906	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.42	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00367407	0.00367407	1011.13	3	1549.96248	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
2.00	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00380793	0.00380793	1600.67	4	1881.34769	5	1900.7	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1.37	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00333134	0.00333134	973.24	3	1207.98712	4	1320.5	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
2.23	0.0271	0.0035	0.0200	18.82	0.00390725	0.00390725	1623.04	4	1933.1287	5	1900.7	OKE	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

															Cek Gezer Kondisi		GENDER LARANG											
															Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5									
															2T's max	Vs max	Vs min	Vc	Val	N	N	N	N	N				
ONE	TDX ONE	ONE	4	165.490.86	158.96	mm	S perlu	S pakai	d(2)	<600	<0.4	S-blend	140	240	300	ONE	ONE	177.820.89	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	149.042.06	157.08	mm	174.28	130	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	170.418.93	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	165.490.86	157.08	mm	158.96	130	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	177.820.89	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	258.523.30	157.08	mm	100.47	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	73.238.49	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	258.523.30	157.08	mm	100.47	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	73.238.49	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	258.523.30	157.08	mm	100.47	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	73.238.49	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	3	91.866.67	157.08	mm	282.74	200	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	107.506.38	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	3	91.866.67	157.08	mm	282.74	200	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	107.506.38	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	3	91.866.67	157.08	mm	282.74	200	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	107.506.38	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	178.038.76	157.08	mm	145.86	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	184.666.72	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	145.423.18	157.08	mm	178.38	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	168.044.1	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	162.011.37	157.08	mm	140.33	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	175.466.30	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	147.923.14	157.08	mm	178.60	130	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	169.915.41	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	131.474.34	157.08	mm	197.56	130	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	163.513.45	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	147.923.14	157.08	mm	178.60	130	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	169.915.41	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	206.138.75	157.08	mm	126.01	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	63.370.81	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	206.138.75	157.08	mm	126.01	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	63.370.81	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	206.138.75	157.08	mm	126.01	100	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	63.370.81	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
TDX ONE	TDX ONE	ONE	3	91.866.67	157.08	mm	282.74	200	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	108.620.93	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
TDX ONE	TDX ONE	ONE	3	91.866.67	157.08	mm	282.74	200	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	108.620.93	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
TDX ONE	TDX ONE	ONE	4	178.038.76	157.08	mm	282.74	200	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	107.620.93	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	167.005.13	157.08	mm	155.53	130	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	177.820.89	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	130.443.94	157.08	mm	172.65	130	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	170.285.34	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE
ONE	TDX ONE	ONE	4	167.005.13	157.08	mm	155.53	130	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	ONE	177.703.64	229.666.67	91.866.67	459.333.33	918.666.67	TDX ONE	ONE	TDX ONE	TDX ONE	TDX ONE	ONE

Cek SRPM									
2-AN									
Kondisi 6	Kondisi	Vs perlu N	Av mm ²	S perlu mm	S pakai mm	<(d/2) 345	<(d/4) 600	-8±0%entum 176	24±0% gese 240
OKE	3	91,866.67	157.08	282.74	250	OK	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	3	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	1	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	1	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	1	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	3	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	3	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	1	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	1	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	3	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	3	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	2	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE
OKE	3	91,866.67	157.08	282.74	250	OKE	OKE	TDK OKE	TDK OKE

Tulangan Tunggul										Tulangan									
Lentur																			
ρ balance	ρ min	ρ max	m	ρ perlu	ρ pakai	As perlu mm ²	Jumlah Tul.	Jumlah Tul. Pakai	Kontrol	$Cd = I_e$ N	fy Mpa	Cek Syarat TDR LEBIH	Ass mm ²	Ass mm ²	Jumlah Tul. TDR	Jumlah Tul. Pakai	As pakai mm ²	Tulangan	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20612.76	234	TDR LEBIH	96.89	51.33	1248.70	3.34898	4	1520.5	
0.0271	0.0035	0.020	18.82	0.0054638	0.0054638	465.05709	1.39772456	2	760.27	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.0271	0.0035	0.020	18.82	0.00839165	0.00839165	728.142135	2.095061118	3	1140.4	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.0271	0.0035	0.020	18.82	0.01021862	0.01021862	866.028352	2.462102034	3	1140.4	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.0271	0.0035	0.020	18.82	0.00416482	0.00416482	352.968844	1.11244968	2	760.27	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.0271	0.0035	0.020	18.82	0.00632642	0.00632642	536.165994	1.59499159	2	760.27	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.0271	0.0035	0.020	18.82	5.1443E-06	0.0035	296.625	0.96260634	2	760.27	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.0271	0.0035	0.020	18.82	5.1443E-06	0.0035	296.625	0.96260634	2	760.27	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.0271	0.0035	0.020	18.82	5.1443E-06	0.0035	296.625	0.96260634	2	760.27	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	
1. Rangsang										Cek Kondisi									
										GSIER TUM									
jumlah tul F _u	As Pakai mm ²	Kontrol	a mm	Cd' N	Cd' N	Ma N/mm	Kontrol	Vu N	Ma N	Mur N	Vul N	Ve N	Vs min N	Vs max N	2Vs max N	Kondisi 1	Kondisi 2		
0.43	2	760.27	OK	81.00	490.510.23	177.902.11	177.904.481.56	OK	94.906.62	177.904.481.56	205.177.086.99	146.328.96	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	
-	-	-	-	57.24	304.106.17	304.106.17	94.387.938.36	OK	94.906.62	200.825.097.46	205.177.086.99	149.403.56	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	
-	-	-	-	83.87	456.159.25	456.159.25	135.053.867.87	OK	94.906.62	294.709.606.52	205.177.086.99	162.005.51	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	
-	-	-	-	83.87	456.159.25	456.159.25	135.053.867.87	OK	74.832.91	294.709.606.52	205.177.086.99	274.807.59	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	
-	-	-	-	57.24	304.106.17	304.106.17	94.387.938.36	OK	74.832.91	200.825.097.46	205.177.086.99	237.253.78	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	
-	-	-	-	57.24	304.106.17	304.106.17	94.387.938.36	OK	74.832.91	200.825.097.46	205.177.086.99	237.253.78	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	
-	-	-	-	57.24	304.106.17	304.106.17	94.387.938.36	OK	58.460.04	200.825.097.46	205.177.086.99	132.278.62	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	
-	-	-	-	57.24	304.106.17	304.106.17	94.387.938.36	OK	58.460.04	200.825.097.46	205.177.086.99	132.278.62	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	
-	-	-	-	57.24	304.106.17	304.106.17	94.387.938.36	OK	58.460.04	200.825.097.46	205.177.086.99	132.278.62	70.625.00	28.250.00	141.250.00	282.500.00	TDR OK	TDR OK	

Cak Kondisi Cagar																			
GSEB TAMPILAN																			
Cd	Mn	Kontur	Vu	Vol	Vc	Vs min	Vs max	2Vs max	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi 6	Air	S perahu	S paksi	d(2)	
N	N/mm		N	N	N	N	N	N	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi 6	mm'	mm	mm	mm	
1.178.097.25	623.161.642.00	OKE	52.918.78	220.428.55	200.833.33	80.333.33	401.666.67	803.333.33	TDK OK/TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	4	93.071.40	157.08	244.05	200
1.178.097.25	623.161.642.00	OKE	115.944.39	613.373.90	200.833.33	80.333.33	401.666.67	803.333.33	TDK OK/TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	5	623.665.20	157.08	36.42	50
2.139.844.95	1.026.989.922.85	OKE	73.414.08	446.831.87	200.833.33	80.333.33	401.666.67	803.333.33	TDK OK/TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	4	394.942.49	157.08	57.51	50
1.963.495.41	556.222.794.25	OKE	57.389.16	314.493.27	200.833.33	80.333.33	401.666.67	803.333.33	TDK OK/TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	4	218.491.02	157.08	103.96	100
Cak Cagar Kondisi																			
GSEB LAPANGAN																			
<400	<(44)	(8)0—1+0 gas	<300	300	Vc	Vs min	Vs max	2Vs max	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi 6	Kondisi	Vs perahu	Air		
mm	mm	mm	mm	mm	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	mm'	mm'	
OK	OK	OK	TDK OK	OK	OK	138.335.23	200.833.33	397.966.25	193.812.50	TDK OK	OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	OK	2	80.333.33	157.08	
OK	OK	OK	OK	OK	OK	(74.704.87)	200.833.33	397.966.25	193.812.50	OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	OK	1	80.333.33	157.08	
OK	OK	OK	OK	OK	OK	219.333.83	200.833.33	397.966.25	193.812.50	TDK OK	TDK OK	TDK OK	OK	TDK OK	TDK OK	4	91.638.44	157.08	
OK	OK	OK	OK	OK	OK	196.394.45	200.833.33	397.966.25	193.812.50	TDK OK	TDK OK	TDK OK	OK	TDK OK	TDK OK	3	80.333.33	157.08	

S perkai		S paksi	<(d/2)	<(d/4)	S+Ølentut	24+Ø ges
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
282.74	200	OK	OK	OK	TDR OK	TDR OK
282.74	200	OK	OK	OK	TDR OK	TDR OK
247.86	200	OK	OK	OK	TDR OK	TDR OK
282.74	200	OK	OK	OK	TDR OK	TDR OK

G.Portal melintang As - A

PURBAL MELINTANG (AS - A)

Lantai	As	Frame	L	Ln	Daerah	Output SAP				TORSI											
						Momen	Torsi (Tj)	Momen	Tn	Asp	Prg	Ash	Ph	Batas Tu...	Batas Tu...	Potio	Tul	Puntir	Yn	Ye	
1	A(2-3)	206	1075	675	Tump. Kiri	10,271,444.30	1,653,626.32	2,163,376.43	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	22,763.70	-	22,763.70	-
						2,975,973.37	1,653,626.32	2,163,376.43	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	22,763.70	-	22,763.70	-
						10,977,712.80	1,653,626.32	2,163,376.43	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	22,763.70	-	22,763.70	-
						85,301,430.00	10,688,673.24	13,844,897.65	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	106,437.59	106,437.59	106,437.59	106,437.59
						30,965,430.00	10,688,673.24	13,844,897.65	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	106,437.59	106,437.59	106,437.59	106,437.59
						86,068,243.00	10,688,673.24	13,844,897.65	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	106,437.59	106,437.59	106,437.59	106,437.59
						65,023,554.00	13,026,814.44	8,534,893.92	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	100,291.71	100,291.71	100,291.71	100,291.71
						79,007,597.38	13,026,814.44	8,534,893.92	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	100,291.71	100,291.71	100,291.71	100,291.71
						80,865,200.00	12,520,093.20	5,042,783.93	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	97,683.77	97,683.77	97,683.77	97,683.77
						37,960,038.26	12,520,093.20	5,042,783.93	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	97,683.77	97,683.77	97,683.77	97,683.77
2	A(3-4)	44	4250	3750	Tump. Kiri	10,271,444.30	1,653,626.32	2,163,376.43	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	22,763.70	-	22,763.70	-
						2,975,973.37	1,653,626.32	2,163,376.43	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	22,763.70	-	22,763.70	-
						10,977,712.80	1,653,626.32	2,163,376.43	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	22,763.70	-	22,763.70	-
						85,301,430.00	10,688,673.24	13,844,897.65	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	106,437.59	106,437.59	106,437.59	106,437.59
						30,965,430.00	10,688,673.24	13,844,897.65	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	106,437.59	106,437.59	106,437.59	106,437.59
						86,068,243.00	10,688,673.24	13,844,897.65	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	106,437.59	106,437.59	106,437.59	106,437.59
						65,023,554.00	13,026,814.44	8,534,893.92	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	100,291.71	100,291.71	100,291.71	100,291.71
						79,007,597.38	13,026,814.44	8,534,893.92	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	100,291.71	100,291.71	100,291.71	100,291.71
						80,865,200.00	12,520,093.20	5,042,783.93	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	97,683.77	97,683.77	97,683.77	97,683.77
						37,960,038.26	12,520,093.20	5,042,783.93	17000	17000	106800	140	106800	140	5,628,966.59	22,516,382.35	TDOK	97,683.77	97,683.77	97,683.77	97,683.77

Balok Induk

Dimensi balok (b x h balok) :

Dimensi balok (h balok) :

Dimensi kolom (h kolom) :

Dimensi kolom (h kolom) :

Kuat tekan beton (f_c) :

Kuat tarik tulangan lentur (f_l) :

Kuat tarik tulangan geser (f_{vy}) :

Kuat tarik tulangan puntir (f_{vt}) :

Diameter tulangan lentur (D_{lentur}) :

Diameter tulangan geser (D_{geser}) :

Diameter tulangan puntir (D_{puntir}) :

Diameter tulangan selangit (S selangit) :

Tebal selimut beton (t decking) :

faktor (β₁) :

Faktor reduksi kekuatan lentur (φ_l) :

Faktor reduksi kekuatan geser (φ_g) :

Faktor reduksi kekuatan puntir (φ_p) :

Coef :

d :

d :

Kontrol		Pemagasan Torsi										Cat Lentur									
$(V_{web} \cdot d/2) \cdot T_u$ Phi(1/2)·d ² ·T _u	rencanan dimensi	A _{ms} mm ²	A _l mm ²	A _l min mm ²	A _l /4 mm ²	d _{min} mm	ah	mm	X _b mm	X _{max} mm	X _{min} mm	X _{spal} mm	C _{e'} mm	Asc mm ²	M _{nc} N·mm	M _{ns} N·mm	Cek Tul	R _n mm ²	p	balance	
-	-	-	-	-	-	-	-	0	12,535,356.38	263.4	197.55	61	100	632.8750	1560.49775	250,662,343.75	237,622,888.38	TUMGGAL	0.19	0.0271	
-	-	-	-	-	-	-	-	0	3,344,397.46	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	230,001,532.54	TUMGGAL	0.05	0.0271	
-	-	-	-	-	-	-	-	0	13,637,141.00	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	230,001,532.54	TUMGGAL	0.20	0.0271	
1005	3.049	MAMPU	0.3254562	258,522,776	652.9	163.2	2.89	4	95,380,037.50	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	188,958,462.50	TUMGGAL	2.90	0.0271	
1005	3.049	MAMPU	0.3254562	258,522,776	652.9	163.2	2.89	4	38,591,788.25	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	255,784,711.75	TUMGGAL	0.57	0.0271	
1893	3.049	MAMPU	0.42845801	344,489,042	857	141.7	2.51	4	82,278,474.50	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	195,761,196.25	TUMGGAL	2.33	0.0271	
1893	3.049	MAMPU	0.42845801	344,489,042	857	141.7	2.51	4	48,759,884.10	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	102,067,057.50	TUMGGAL	2.85	0.0271	
1893	3.049	MAMPU	0.42845801	344,489,042	857	141.7	2.51	4	20,330,612.50	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	13,004,387.50	TUMGGAL	0.72	0.0271	
1008	3.049	MAMPU	0.34686888	278,076,866	833.4	153.3	2.89	4	186,572,650.00	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	197,533,887.00	TUMGGAL	2.38	0.0271	
1008	3.049	MAMPU	0.34686888	278,076,866	833.4	153.3	2.89	4	46,612,547.83	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	247,733,982.18	TUMGGAL	0.63	0.0271	
1438	3.049	MAMPU	0.59488897	445,889,952	465.6	116.4	2.06	4	202,548,122.90	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	191,789,377.69	TUMGGAL	3.00	0.0271	
1438	3.049	MAMPU	0.59488897	445,889,952	465.6	116.4	2.06	4	43,455,935.23	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	181,983,332.50	TUMGGAL	3.15	0.0271	
-	-	-	-	-	-	-	-	0	7,878,782.16	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	234,345,500.00	TUMGGAL	0.12	0.0271	
-	-	-	-	-	-	-	-	0	2,267,624.48	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	138,467,777.84	TUMGGAL	0.03	0.0271	
0.660	3.049	MAMPU	0.28344672	227,897,638	853.6	170.9	3.02	4	10,072,443.53	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	234,345,500.00	TUMGGAL	0.03	0.0271	
0.660	3.049	MAMPU	0.28344672	227,897,638	853.6	170.9	3.02	4	33,944,262.16	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	284,234,050.48	TUMGGAL	2.23	0.0271	
0.660	3.049	MAMPU	0.28344672	227,897,638	853.6	170.9	3.02	4	143,952,647.75	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	180,802,217.84	TUMGGAL	0.50	0.0271	
1.01	3.049	MAMPU	0.40638681	328,328,919	853.1	145.8	2.58	4	80,330,177.50	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	144,433,986.25	TUMGGAL	2.22	0.0271	
1.01	3.049	MAMPU	0.40638681	328,328,919	853.1	145.8	2.58	4	40,348,688.48	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	133,435,222.50	TUMGGAL	2.29	0.0271	
1.01	3.049	MAMPU	0.40638681	328,328,919	853.1	145.8	2.58	4	17,001,748.75	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	146,018,910.53	TUMGGAL	0.72	0.0271	
0.966	3.049	MAMPU	0.32596863	272,630,925	838.8	155.7	2.82	4	93,985,633.75	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	122,944,751.25	TUMGGAL	2.54	0.0271	
0.966	3.049	MAMPU	0.32596863	272,630,925	838.8	155.7	2.82	4	44,461,900.00	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	134,483,986.25	TUMGGAL	2.27	0.0271	
0.966	3.049	MAMPU	0.32596863	272,630,925	838.8	155.7	2.82	4	86,248,806.00	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	122,627,595.00	TUMGGAL	0.68	0.0271	
1.287	3.049	MAMPU	0.43638494	353,077,880	924.4	128.1	2.27	4	96,765.83	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	234,247,743.33	TUMGGAL	0.08	0.0271	
1.287	3.049	MAMPU	0.43638494	353,077,880	924.4	128.1	2.27	4	46,380,493.4	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	247,886,148.35	TUMGGAL	0.63	0.0271	
1.287	3.049	MAMPU	0.43638494	353,077,880	924.4	128.1	2.27	4	174,357,263.00	263.4	197.55	61	120	756.62500	1936.8625	254,345,500.00	120,083,153.00	TUMGGAL	2.38	0.0271	

Da' Kandis Besar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
GESER TUMPUHAN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	aa	ab	ac	ad	ae	af	ag	ah	ai	aj	ak	al	am	an	ao	ap	aq	ar	as	at	au	av	aw	ax	ay	az	ba	bb	bc	bd	be	bf	bg	bh	bi	bj	bk	bl	bm	bn	bo	bp	bq	br	bs	bt	bu	bv	bw	bx	by	bz	ca	cb	cc	cd	ce	cf	cg	ch	ci	cj	ck	cl	cm	cn	co	cp	cq	cr	cs	ct	cu	cv	cw	cx	cy	cz	da	db	dc	dd	de	df	dg	dh	di	dj	dk	dl	dm	dn	do	dp	dq	dr	ds	dt	du	dv	dw	dx	dy	dz	ea	eb	ec	ed	ee	ef	eg	eh	ei	ej	ek	el	em	en	eo	ep	eq	er	es	et	eu	ev	ew	ex	ey	ez	fa	fb	fc	fd	fe	ff	fg	fh	fi	fj	fk	fl	fm	fn	fo	fp	fq	fr	fs	ft	fu	fv	fw	fx	fy	fz	ga	gb	gc	gd	ge	gf	gg	gh	gi	gj	gk	gl	gm	gn	go	gp	gq	gr	gs	gt	gu	gv	gw	gx	gy	gz	ha	hb	hc	hd	he	hf	hg	hh	hi	hj	hk	hl	hm	hn	ho	hp	hq	hr	hs	ht	hu	hv	hw	hx	hy	hz	ia	ib	ic	id	ie	if	ig	ih	ii	ij	ik	il	im	in	io	ip	iq	ir	is	it	iu	iv	iw	ix	iy	iz	ja	jb	jc	jd	je	jf	jg	jh	ji	jj	jk	jl	jm	jn	jo	jp	jq	jr	js	jt	ju	jv	jw	jx	jy	jz	ka	kb	kc	kd	ke	kf	kg	kh	ki	kj	kk	kl	km	kn	ko	kp	kq	kr	ks	kt	ku	kv	kw	kx	ky	kz	la	lb	lc	ld	le	lf	lg	lh	li	lj	lk	ll	lm	ln	lo	lp	lq	lr	ls	lt	lu	lv	lw	lx	ly	lz	ma	mb	mc	md	me	mf	mg	mh	mi	mj	mk	ml	mm	mn	mo	mp	mq	mr	ms	mt	mu	mv	mw	mx	my	mz	na	nb	nc	nd	ne	nf	ng	nh	ni	nj	nk	nl	nm	nn	no	np	nq	nr	ns	nt	nu	nv	nw	nx	ny	nz	oa	ob	oc	od	oe	of	og	oh	oi	oj	ok	ol	om	on	oo	op	oq	or	os	ot	ou	ov	ow	ox	oy	oz	pa	pb	pc	pd	pe	pf	pg	ph	pi	pj	pk	pl	pm	pn	po	pp	pq	pr	ps	pt	pu	pv	pw	px	py	pz	qa	qb	qc	qd	qe	qf	qg	qh	qi	qj	qk	ql	qm	qn	qo	qp	qq	qr	qs	qt	qu	qv	qw	qx	qy	qz	ra	rb	rc	rd	re	rf	rg	rh	ri	rj	rk	rl	rm	rn	ro	rp	rq	rr	rs	rt	ru	rv	rw	rx	ry	rz	sa	sb	sc	sd	se	sf	sg	sh	si	sj	sk	sl	sm	sn	so	sp	sq	sr	ss	st	su	sv	sw	sx	sy	sz	ta	tb	tc	td	te	tf	tg	th	ti	tj	tk	tl	tm	tn	to	tp	tq	tr	ts	tt	tu	tv	tw	tx	ty	tz	ua	ub	uc	ud	ue	uf	ug	uh	ui	uj	uk	ul	um	un	uo	up	uq	ur	us	ut	uu	uv	uw	ux	uy	uz	va	vb	vc	vd	ve	vf	vg	vh	vi	vj	vk	vl	vm	vn	vo	vp	vq	vr	vs	vt	vu	vv	vw	vx	vy	vz	wa	wb	wc	wd	we	wf	wg	wh	wi	wj	wk	wl	wm	wn	wo	wp	wq	wr	ws	wt	wu	wv	ww	wx	wy	wz	xa	xb	xc	xd	xe	xf	xg	xh	xi	xj	xk	xl	xm	xn	xo	xp	xq	xr	xs	xt	xu	xv	xw	xx	xy	xz	ya	yb	yc	yd	ye	yf	yg	yh	yi	yj	yk	yl	ym	yn	yo	yp	yq	yr	ys	yt	yu	yv	yw	yx	yy	yz	za	zb	zc	zd	ze	zf	zg	zh	zi	zj	zk	zl	zm	zn	zo	zp	zq	zr	zs	zt	zu	zv	zw	zx	zy	zz

Cat Baser Kondisi															GESER LAPANGAN												
Ys petlu	Av	S petlu	S palat	<(02)	<(04)	<(04)	d'fl'mentu	24' g geser	<300	Vol	Yo	Ys min	Ys max	24'5 max	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Ys petlu	Av	S petlu				
N	mm ²	mm	mm	210.5	000	103.75	176	240	300	N	N	N	N	N							N	mm ²	mm				
307.527.93	67.08	53.80	50	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	792.268.39	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	1	51.26.67	57.08	32.14		
307.527.93	67.08	53.80	50	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	792.268.39	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	1	51.26.67	57.08	32.14		
307.527.93	67.08	53.80	50	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	792.268.39	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	1	51.26.67	57.08	32.14		
80.45.62	67.08	51.85	100	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	46.75.67	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
72.78.38	67.08	20.05	100	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	81.83.08	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
104.45.62	67.08	15.25	100	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	46.75.67	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
74.86.00	67.08	20.72	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	105.85.22	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		
51.05.41	67.08	31.64	300	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	42.22.59	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		
74.86.00	67.08	22.72	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	105.85.22	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		
77.26.38	67.08	23.35	200	OIE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	102.89.54	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		
88.754.71	67.08	18.47	80	OIE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	103.44.86	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		
83.005.91	67.08	24.59	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	94.47.52	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		
88.754.71	67.08	18.47	80	OIE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	103.44.86	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		
307.753.81	67.08	54.84	50	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	170.0.49.10	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	1	51.26.67	57.08	32.14		
307.753.81	67.08	54.84	50	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	170.0.49.10	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	1	51.26.67	57.08	32.14		
307.753.81	67.08	54.84	50	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	OIE	170.0.49.10	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	1	51.26.67	57.08	32.14		
75.624.94	67.08	26.84	200	OIE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	80.106.22	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
93.055.93	67.08	27.31	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	72.768.51	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
75.624.94	67.08	26.84	200	OIE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	80.106.22	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
93.055.93	67.08	26.84	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	72.768.51	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
44.756.83	67.08	38.373	300	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	87.14.28	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
55.968.63	67.08	26.59	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	94.88.91	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
66.632.82	67.08	24.37	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	100.586.91	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
55.94.23	67.08	26.84	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	83.94.32	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
43.965.53	67.08	37.94	300	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	82.89.76	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
67.44.63	67.08	24.75	200	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	96.58.82	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		
53.700.90	67.08	30.819	300	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	87.888.19	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	2	51.26.67	57.08	32.14		
77.450.03	67.08	23.63	200	OIE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OIE	107.25.54	120.0457	51.26.67	256.03.33	52.85.67	TDK OKE	OIE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	TDK OKE	OKE	3	51.26.67	57.08	32.14		

[illegible]

Cek Kondisi Geser																			
GESER TUMPUHAN																			
Mn	Kontrol	Yu	Yul	Ye	Ys min	Ys max	2Ys max	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi 6	Kondisi	Ys perlu	Av	S perlu	S pakai	<(d2)
Nmm		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	mm ²	mm	mm	<(d4)
628.61642.00	ONE	20247.06	952.286.60	200.633.33	80.333.33	401686.67	80.333.33	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	4	204.641.60	67.08	10.93	100	OK
628.61642.00	ONE	18.444.18	453.500.72	200.633.33	80.333.33	401686.67	80.333.33	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	5	302.270.72	67.08	74.98	50	OK
628.61642.00	ONE	98.222.11	327.501.78	200.633.33	80.333.33	401686.67	80.333.33	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	4	188.906.78	67.08	121.62	100	OK
628.61642.00	ONE	01.009.44	357.301.95	200.633.33	80.333.33	401686.67	80.333.33	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	4	207.178.95	67.08	103.63	100	OK
628.61642.00	ONE	143.610.32	402.280.95	200.633.33	80.333.33	401686.67	80.333.33	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	4	252.674.95	67.08	83.88	50	OK

Cek Geser Kondisi

GESER LAPANGAN

24" gese	<80	300	Yul	Ye	Ys min	Ys max	2Ys max	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi 6	Kondisi	Ys perlu	Av	S perlu	S pakai	<(d2)
240	OK	OK	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	mm ²	mm	mm	<(d2)
TDK OK	OK	90.000.87	200.633.33	80.333.33	97.986.25	185.822.50	185.822.50	TDK OK	OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	2	80.333.33	67.08	282.74	200	OK
OK	OK	114.807.61	200.633.33	80.333.33	97.986.25	185.822.50	185.822.50	TDK OK	OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	2	80.333.33	67.08	282.74	200	OK
TDK OK	OK	67.541.83	200.633.33	80.333.33	97.986.25	185.822.50	185.822.50	TDK OK	TDK OK	OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	3	80.333.33	67.08	282.74	200	OK
TDK OK	OK	63.743.09	200.633.33	80.333.33	97.986.25	185.822.50	185.822.50	TDK OK	TDK OK	OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	3	80.333.33	67.08	282.74	200	OK
OK	OK	83.792.78	200.633.33	80.333.33	97.986.25	185.822.50	185.822.50	TDK OK	TDK OK	OK	TDK OK	TDK OK	TDK OK	3	80.333.33	67.08	282.74	200	OK

Cek SRPMM

<(d4)	<8" gese	<24" gese	<300
150.625	200	240	300
OK	TDK OK	OK	TDK OK
OK	TDK OK	OK	TDK OK
OK	TDK OK	OK	TDK OK
OK	TDK OK	OK	TDK OK
OK	TDK OK	OK	TDK OK

PORTAL MEMANJANG AS-8																			
Portal Kolom																			
Tipe kolom	B kolom	KL	Lantai	Frame	AS	L	PDL	PIL	PU	MIS	MDS	MINS	Arah X	MIS	MDS	MINS	Arah Y	MIS	
																			Output SAP
23500 MPa	H kolom	500 mm	527.1A	4550	614.381.58	159.111.80	737.257.89	153.466.278.20	109.599.226.00	109.599.226.00	109.599.226.00	6.099.121.06	9.994.818.74	117.765.990.00	155.178.555.60	155.178.555.60	38.029.954.00	38.029.954.00	
																			500 mm
	23500 MPa	kuat tekan beton (fc)	25 Mpa	628.3A	4550	814.320.49	161.751.02	977.424.58	138.089.512.50	201.961.615.50	201.961.615.50	1.936.730.66	61.006.709.20	106.312.722.60	205.478.621.00	205.478.621.00	11.688.981.05		
																		20000 MPa	modulus elastisitas beton (Ec)
	400 MPa	kuat leleh tulen lur (Fv lur)	400 MPa	595.5A	4550	695.772.91	177.46.40	834.337.49	113.572.541.60	136.633.961.00	136.633.961.00	136.633.961.00	12.403.112.29	18.207.719.90	127.135.141.90	165.036.982.00	165.036.982.00		
																		240 MPa	kuat leleh tul. geser (F geser)
	22 mm	diametri tulen lur	22 mm	550.2B	3700	619.935.51	167.401.42	743.922.61	102.516.357.00	112.094.667.70	112.094.667.70	112.094.667.70	22.595.854.50	17.055.189.60	170.874.191.00	170.874.191.00	62.991.596.00		
																		10 mm	diametri tul. geser
	40 mm	tebal selimut (decking)	40 mm	574.4B	3700	819.187.82	178.048.30	983.025.39	127.501.981.30	184.634.020.00	184.634.020.00	184.634.020.00	67.635.489.00	76.057.576.29	110.197.981.00	138.256.647.70	138.256.647.70		
																		40 mm	jarak spasi tul
0.85	faktor reduksi kekuatan lentur (φ)	0.85	529.1C	3800	162.294.43	51.427.71	194.753.32	59.869.967.00	85.323.310.06	85.323.310.06	85.323.310.06	497.801.14	1.134.335.49	158.070.702.00	201.885.265.90	201.885.265.90	95.603.738.00		
																		0.75	faktor reduksi kekuatan lentur (φ)
d	faktor reduksi kekuatan geser (φ)	0.75	630.3C	3800	348.883.28	73.345.64	418.659.94	62.899.080.00	139.829.534.00	139.829.534.00	139.829.534.00	55.006.359.85	62.755.51.61	183.984.511.60	183.984.511.60	183.984.511.60	132.929.29.20		
																		61.00 mm	faktor reduksi kekuatan geser (φ)
189.00 mm	d ^o	61.00 mm	597.5C	3800	219.187.22	82.86.19	82.86.19	69.075.471.00	90.577.598.46	90.577.598.46	90.577.598.46	37.878.749.91	42.114.067.00	175.419.249.90	210.652.135.00	210.652.135.00	107.942.370.10		
																		189.00 mm	d ^o
189.00 mm	d ^o	189.00 mm	631.3D	3500	153.946.20	26.000.64	184.735.44	102.984.563.00	116.687.981.00	116.687.981.00	116.687.981.00	54.001.383.27	56.149.688.00	46.233.419.55	65.145.580.00	65.145.580.00	5.856.111.41		
																		189.00 mm	d ^o

KONTROL RELANGSANG KOLOM										KONTROL RELANGSANG KOLOM									
Balok 39/50 (ARAH Y)										Balok 39/50 (ARAH Y)									
MINS	IK	Elk	Balok 40/75 (ARAH X)	Elb	lb	Balok 39/50 (ARAH Y)	Elb	Is	EIS	KOLOM ATAS	KOLOM BAWAH	K	r	K _{u/r}	CEK	N	Σ	PU	Σ
61.854.202.02	0.743	364.5833333	1.95838E+13	4921875000	2.65387E+13	1276041667	6.88041E+12	4001666667	2.1377E+13	0.897	1.318	1.31	120.761	49.358	LANGSING	32	23592252.48	5455568.475	
46.731.329.00	0.723	364.5833333	1.98927E+13	4921875000	2.68552E+13	1276041667	6.96246E+12	4001666667	2.18343E+13	0.562	0.825	1.21	120.761	45.590	LANGSING	32	94209161.8	647082.305	
14.607.446.21	0.791	364.5833333	1.91387E+13	4921875000	2.58375E+13	1276041667	6.69856E+12	4001666667	2.10067E+13	0.534	0.784	1.21	120.761	45.213	LANGSING	32	31275586.56	6329763.913	
31.788.934.11	0.771	364.5833333	1.93446E+13	4921875000	2.61176E+13	1276041667	6.77134E+12	4001666667	2.12346E+13	0.710	1.042	1.27	120.761	47.851	LANGSING	32	46353473.6	5712535.46	
69.047.694.00	0.746	364.5833333	1.96246E+13	4921875000	2.64916E+13	1276041667	6.86898E+12	4001666667	2.15866E+13	0.567	0.833	1.21	120.761	45.590	LANGSING	32	26698479.68	6383222.751	
94.077.778.00	0.734	364.5833333	1.97697E+13	4921875000	2.66891E+13	1276041667	6.91942E+12	4001666667	2.16992E+13	1.783	1.638	1.15	120.761	45.958	LANGSING	32	14894929.38	632108.155	
65.274.099.29	0.735	364.5833333	1.97697E+13	4921875000	2.66891E+13	1276041667	6.91942E+12	4001666667	2.16992E+13	1.783	1.638	1.15	120.761	45.958	LANGSING	32	14894929.38	632108.155	
17.100.600.39	0.787	364.5833333	1.9188E+13	4921875000	2.5935E+13	1276041667	6.7135E+12	4001666667	2.1532E+13	0.734	0.618	1.18	120.761	36.767	LANGSING	32	22772835.32	9877576.609	
43.465.002.33	0.775	364.5833333	1.93042E+13	4921875000	2.60065E+13	1276041667	6.75639E+12	4001666667	2.1882E+13	1.041	0.956	1.13	120.761	39.831	LANGSING	32	31498812.48	926566.975	
107.271.909.80	0.726	364.5833333	1.98574E+13	4921875000	2.68075E+13	1276041667	6.95009E+12	4001666667	2.17958E+13	0.322	0.296	1.11	120.761	35.703	LANGSING	32	1778051.84	1191929.993	
118.510.235.80	0.703	364.5833333	2.0124E+13	4921875000	2.71675E+13	1276041667	7.04339E+12	4001666667	2.20881E+13	0.880	1.783	1.37	120.761	43.110	LANGSING	32	6321106.24	7320905.633	
68.108.424.00	0.703	364.5833333	1.9398E+13	4921875000	2.61675E+13	1276041667	6.78405E+12	4001666667	2.12748E+13	0.745	0.724	1.21	120.761	38.075	LANGSING	32	1463607.28	903346.391	
17.993.786.61	0.781	364.5833333	1.92417E+13	4921875000	2.59765E+13	1276041667	6.73461E+12	4001666667	2.1197E+13	0.692	0.673	1.2	120.761	37.760	LANGSING	32	13397118.08	712975.658	
41.028.713.00	0.773	364.5833333	1.9323E+13	4921875000	2.60916E+13	1276041667	6.76383E+12	4001666667	2.1214E+13	1.071	1.041	1.31	120.761	41.222	LANGSING	32	16477097.28	7689075.498	
118.596.226.00	0.666	364.5833333	2.0572E+13	4921875000	2.77216E+13	1276041667	7.20027E+12	4001666667	2.2588E+13	0.503	0.322	1.08	120.761	33.984	LANGSING	32	3646779.44	1204739.977	
49.437.854.54	0.992	364.5833333	1.72012E+13	4921875000	2.32216E+13	1276041667	6.02041E+12	4001666667	1.888E+13	0.503	0.967	1.21	120.761	35.069	LANGSING	32	264047.36	945062.34	
18.355.200.00	0.816	364.5833333	1.86895E+13	4921875000	2.54798E+13	1276041667	6.60446E+12	4001666667	2.07112E+13	0.360	0.692	1.15	120.761	33.300	LANGSING	32	591154.08	1149387.35	
24.480.634.50	0.999	364.5833333	1.7142E+13	4921875000	2.3147E+13	1276041667	5.99976E+12	4001666667	1.8815E+13	0.633	1.601	1.36	120.761	39.417	LANGSING	32	21579359.36	745948.378	

KONTROL KELANGSINGAN KOLOM										FAKTOR PEMBESARAN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

MOMEN		PENILAIAN KOLOM					MEINGHTUNG TUANGIAN					CEK JA							
Σ	fs	arah X	arah Y	Dipakai	e perlu	Sumbu H	Sumbu Y	in	As perlu	D22	N	fs	As pasang	As'	90000				
1745781912	1.22	185.893.306.72	241.644.631.18	M1x	M2y	251.138.879.57	251.138.879.57	340.639	2.005111037	2.479601356	0.796	0.01	2500	380.133	6.577	8	304.061689	1520.531	8022
207066833.8	1.28	219.848.944.68	250.899.111.96	M1y	M2x	275.719.765.33	275.719.765.33	257.826	2.005111037	2.479601356	0.796	0.01	2500	380.133	6.577	8	304.061689	1520.531	8022
202552445.2	1.26	171.020.256.45	394.716.873.33	M1x	M2y	338.864.671.74	338.864.671.74	322.416	2.512648612	3.9098832	0.796	0.04	3500	380.133	9.207	12	4561.592533	2280.796	12022
204265128	1.21	148.945.941.39	183.679.243.83	M1y	M2x	268.915.869.38	268.915.869.38	323.314	3.157744987	5.7941842	0.796	0.019	4750	380.133	12.466	16	6092.123377	3041.062	16022
202949461	1.11	99.943.517.68	127.062.088.73	M1y	M2x	265.353.033.27	275.012.793.34	590.634	2.115126475	3.373099616	0.796	0.04	3500	380.133	7.892	8	304.061689	1520.531	8022
316082451.5	1.11	132.979.157.88	177.163.928.85	M1y	M2x	255.327.889.02	255.327.889.02	342.312	2.024583121	2.75956044	0.796	0.01	2500	380.133	6.577	8	304.061689	1520.531	8022
273461097.5	1.18	312.574.131.70	314.524.944.86	M1x	M2y	317.106.385.38	314.524.944.86	443.406	2.312649559	2.83985792	0.796	0.015	3750	380.133	9.865	12	4561.592533	2280.796	12022
363498023.2	1.19	319.301.762.31	395.683.633.44	M1x	M2y	375.465.646.31	375.465.646.31	300.789	2.954696968	3.93210156	0.796	0.012	3000	380.133	7.892	8	304.061689	1520.531	8022
378218557.7	1.07	63.584.822.57	82.412.698.96	M1y	M2x	303.571.846.42	303.571.846.42	544.531	2.420174771	2.72225648	0.796	0.06	4000	380.133	10.533	12	4561.592533	2280.796	12022
234268800.2	1.04	62.051.044.85	89.595.140.11	M1y	M2x	327.767.948.36	327.767.948.36	1689.990	2.022427387	0.79013138	0.796	0.018	4500	380.133	11.838	12	4561.592533	2280.796	12022
289562828.5	1.04	62.051.044.85	89.595.140.11	M1y	M2x	327.767.948.36	327.767.948.36	1689.990	2.022427387	0.79013138	0.796	0.018	4500	380.133	11.838	12	4561.592533	2280.796	12022
291960309.1	1.07	103.307.817.09	203.948.431.45	M1y	M2x	225.630.484.46	225.630.484.46	493.652	1.805043976	1.82859716	0.796	0.01	2500	380.133	6.577	8	304.061689	1520.531	8022
246500415.8	1.10	149.859.323.38	235.102.466.62	M1y	M2x	187.234.889.60	235.102.466.62	457.980	1.81374562	1.67463976	0.796	0.01	2500	380.133	6.577	8	304.061689	1520.531	8022
385367679	1.03	84.816.370.98	126.481.938.89	M1y	M2x	335.566.814.38	335.566.814.38	1275.800	1.80819733	1.03387116	0.796	0.01	2500	380.133	6.577	8	304.061689	1520.531	8022
302599894.9	1.01	123.848.666.57	133.757.916.01	M1y	M2x	139.379.264.39	139.379.264.39	1689.159	1.115944115	0.33035592	0.796	0.02	5000	380.133	13.153	16	6092.123377	3041.062	16022
367044953.3	1.01	164.290.912.79	182.524.485.14	M1y	M2x	73.950.298.58	73.950.298.58	182.524.485.14	1.115944115	0.33035592	0.796	0.01	2500	380.133	6.577	8	304.061689	1520.531	8022
238702348.1	1.14	175.592.105.38	188.830.650.92	M1y	M2x	98.595.100.84	98.595.100.84	188.830.650.92	1.51045207	2.6971992	0.796	0.01	2500	380.133	6.577	8	304.061689	1520.531	8022

RAK SPASI TUANGIAN		Presentase	em in	CEK KONDISI BALANCE										Tulangan Lemur																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
S max	fs selanj	Cek		ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab

PORTAL MELINTANG AS A

Tipe Kolom	Lantai	Frame	AS	L	PDL	PIL	PU	Output SAP					
								MIS	MPS	MINIS	MINS	MIS	MIS
1	KI	B kolom	500 mm	655.14	4550	68.545.50	6.571.92	81.254.40	9.205.143.61	9.589.697.61	541.518.73	622.698.38	10.251.623.45
				515.21	4550	36.716.81	6.731.13	437.052.18	135.133.381.80	161.992.661.00	10.457.147.50	13.682.000.67	10.513.918.50
				510.34	4550	553.033.21	137.093.54	663.640.70	166.678.462.70	178.896.624.00	10.802.096.80	13.827.453.73	138.002.104.00
				523.44	4550	608.731.99	156.022.90	750.478.38	165.152.513.00	178.896.624.00	10.802.096.80	13.827.453.73	138.002.104.00
				527.54	4550	614.981.58	159.111.80	757.257.60	165.152.513.00	178.896.624.00	10.802.096.80	13.827.453.73	138.002.104.00
				521.94	4550	412.959.89	61.061.90	584.255.01	159.465.217.00	168.993.228.00	6.899.121.06	9.994.813.74	117.265.980.00
				557.18	3700	38.374.90	4.629.52	46.529.89	6.960.438.40	7.843.150.08	945.283.83	679.581.69	5.960.655.65
				516.25	3700	226.244.33	45.116.25	271.493.20	79.019.888.00	101.357.273.00	13.571.673.70	14.519.575.50	127.210.644.00
				520.38	3700	348.663.30	92.001.81	418.395.96	113.367.118.00	131.940.277.10	15.391.974.40	16.457.187.35	145.342.387.00
				524.48	3700	383.697.51	104.332.46	460.437.01	91.904.013.81	111.335.520.00	5.682.453.56	7.346.638.87	160.197.241.00
2	KI	B kolom	400 mm	528.58	3700	388.019.14	105.792.68	455.624.97	90.032.089.00	109.007.714.90	116.838.93	1.196.558.82	162.086.202.50
				532.68	3700	293.394.03	53.677.60	355.077.84	78.508.071.04	101.355.247.00	23.338.538.40	24.853.533.05	193.851.769.00
				698.17	3800	9.817.04	2.198.11	11.760.45	4.054.968.77	5.135.428.87	614.688.79	744.495.10	4.700.154.47
				517.37	3800	89.492.37	117.360.85	58.770.064.00	87.665.584.52	114.616.627.00	19.405.468.10	20.604.483.00	180.400.563.00
				521.36	3800	145.113.38	45.202.78	174.355.94	78.943.220.00	103.028.240.00	12.576.563.20	12.598.462.00	138.400.563.00
				522.46	3800	158.127.46	20.821.61	185.724.99	67.252.194.10	91.214.194.60	8.571.218.01	9.623.187.80	120.002.040.00
				529.56	3800	162.294.43	51.427.71	194.755.32	95.969.967.00	85.523.510.06	497.801.14	1.134.135.49	150.070.702.00
				533.96	3800	115.474.89	24.993.70	138.969.86	70.154.032.10	101.356.073.00	70.154.032.10	102.356.073.00	142.410.658.00
3	KI	B kolom	610 mm										

KONTROL KELANGSINGAN KOLOM													
Aras Y	Aras X	KOLAM 50/50	BALOK 40/75	ARAH X	BALOK 35/50	ARAH Y	KONTROL KELANGSINGAN KOLOM						KOLAM ATAS
							IK	Elk	lb	Etb	lb	Etb	
13.594.597.70	3.777.472.90	0.88965	8.932.052.20	0.88965	1.33594.12	4.922E+09	2.453384.13	1.776E+09	6.5377E+12	1.9687300	9.809E+10	4.002E+09	1.9687300
15.957.526.80	16.820.691.40	0.80131	3.646E+09	1.90254.13	4.922E+09	2.58894.13	1.776E+09	6.5589E+12	1.9687300	1.0716E+11	4.002E+09	2.0882E+13	2E+07
103.719.590.10	21.494.150.20	0.76006	3.046E+09	1.5979E+13	4.922E+09	2.6402E+13	1.776E+09	6.629E+12	1.9687300	1.0577E+11	4.002E+09	2.149E+13	2E+07
154.516.120.20	25.115.918.30	0.74531	3.646E+09	1.9638E+13	4.922E+09	2.6509E+13	1.776E+09	6.8778E+12	1.9687300	1.0603E+11	4.002E+09	2.1535E+13	2E+07
155.178.555.60	38.029.851.00	0.71933	3.646E+09	1.9638E+13	4.922E+09	2.6509E+13	1.776E+09	6.8801E+12	1.9687300	1.0615E+11	4.002E+09	2.1577E+13	2E+07
159.260.474.00	84.332.572.20	0.61389	3.646E+09	1.8894E+13	4.922E+09	2.5506E+13	1.776E+09	6.6127E+12	1.9687300	1.0038E+11	4.002E+09	2.0738E+13	2E+07
7409.566.66	4.061.369.45	0.86767	2.778645801	1.1496E+17	4.922E+09	2.4898E+13	1.776E+09	6.4196E+12	1.9687300	9.935E+10	4.002E+09	2.0194E+13	2E+07
140.243.644.30	50.071.537.13	0.78996	3.646E+09	1.946E+13	4.922E+09	2.5897E+13	1.776E+09	6.7011E+12	1.9687300	1.0358E+11	4.002E+09	2.1015E+13	2E+07
159.954.810.10	70.656.147.71	0.73974	3.646E+09	1.9699E+13	4.922E+09	2.6994E+13	1.776E+09	6.8994E+12	1.9687300	1.0577E+11	4.002E+09	2.1621E+13	2E+07
168.717.114.10	80.719.998.13	0.73392	3.646E+09	1.9795E+13	4.922E+09	2.6688E+13	1.776E+09	6.9177E+12	1.9687300	1.0678E+11	4.002E+09	2.1699E+13	2E+07
183.188.171.00	85.509.422.80	0.71935	3.646E+09	1.97E+13	4.922E+09	2.6688E+13	1.776E+09	6.9194E+12	1.9687300	1.0678E+11	4.002E+09	2.1699E+13	2E+07
147.319.701.10	78.815.524.00	0.80130	3.646E+09	1.8898E+13	4.922E+09	2.5648E+13	1.776E+09	6.6484E+12	1.9687300	1.0198E+11	4.002E+09	2.0857E+13	2E+07
5.664.597.16	2.842.724.44	0.78320	2.778645801	1.2012E+12	4.922E+09	2.5945E+13	1.776E+09	6.7206E+12	1.9687300	1.0378E+11	4.002E+09	2.1094E+13	2E+07
125.555.130.00	50.294.279.00	0.75666	3.646E+09	1.9599E+13	4.922E+09	2.6377E+13	1.776E+09	6.8321E+12	1.9687300	1.0555E+11	4.002E+09	2.1415E+13	2E+07
178.389.777.00	78.277.780.00	0.76669	3.646E+09	2.0198E+13	4.922E+09	2.7108E+13	1.776E+09	7.0281E+12	1.9687300	1.0998E+11	4.002E+09	2.204E+13	2E+07
194.382.168.50	89.545.998.00	0.70002	3.646E+09	2.0198E+13	4.922E+09	2.7108E+13	1.776E+09	7.0281E+12	1.9687300	1.0998E+11	4.002E+09	2.204E+13	2E+07
201.855.395.80	95.603.333.00	0.70094	3.646E+09	2.0194E+13	4.922E+09	2.7107E+13	1.776E+09	7.0345E+12	1.9687300	1.0867E+11	4.002E+09	2.2088E+13	2E+07
175.748.311.40	88.868.892.00	0.71625	3.646E+09	1.9294E+13	4.922E+09	2.6047E+13	1.776E+09	6.7539E+12	1.9687300	1.0419E+11	4.002E+09	2.1177E+13	2E+07

KOLAM BAWAH				FAKTOR PEMBESAR MOMEN										PENJUALAN KOLAM										gabung perku dari diagram	
u	k	r	Klu/r	CEK	N	PU	Σ	PC	Σ	PC	Σ	Mlx	Mlx	My	My	Mz	Mz	Dipakai	e perlu	gabung perku dari diagram					
0.55136945	1.2	60.3807	150.71	ANGSING	32	2632147	1351731	4295526	5.30	48.361.575.77	151.456.858.83	60.120.499.57	203.276.727.81	203.276.727.81	203.276.727.81	203.276.727.81	203.276.727.81	203.276.727.81	203.276.727.81	203.276.727.81					
0.441336951	1.14	120.761	48.9524	ANGSING	32	1.4E+07	6972081	2.93E+08	1.09	158.403.128.81	193.712.104.54	128.258.533.59	203.285.009.20	203.285.009.20	203.285.009.20	203.285.009.20	203.285.009.20	203.285.009.20	203.285.009.20	203.285.009.20					
1.12726694	1.3	120.761	48.9809	ANGSING	32	2.1E+07	5517562	1.77E+08	1.19	208.547.241.57	245.904.375.84	181.007.500.33	241.945.908.26	241.945.908.26	241.945.908.26	241.945.908.26	241.945.908.26	241.945.908.26	241.945.908.26	241.945.908.26					
1.354635073	1.31	120.761	49.3576	ANGSING	32	2.3E+07	5449402	1.74E+08	1.22	179.591.588.85	211.004.084.85	164.886.85.36	241.584.478.28	241.584.478.28	241.584.478.28	241.584.478.28	241.584.478.28	241.584.478.28	241.584.478.28	241.584.478.28					
1.31790156	1.31	120.761	49.3576	ANGSING	32	2.4E+07	5455588	1.75E+08	1.22	199.895.906.72	241.644.631.18	181.069.958.38	251.138.873.57	251.138.873.57	251.138.873.57	251.138.873.57	251.138.873.57	251.138.873.57	251.138.873.57	251.138.873.57					
2.084259883	1.31	120.761	56.8931	ANGSING	32	1.8E+07	5946358	1.98E+08	1.24	200.664.762.59	267.122.435.95	309.353.058.45	342.085.824.60	342.085.824.60	342.085.824.60	342.085.824.60	342.085.824.60	342.085.824.60	342.085.824.60	342.085.824.60					
5.408468991	2.15	60.3807	131.74	ANGSING	32	14488556	1791631	5733310	1.33	11.19.655.50	16.777.238.02	12.261.571.26	16.068.977.58	16.068.977.58	16.068.977.58	16.068.977.58	16.068.977.58	16.068.977.58	16.068.977.58	16.068.977.58					
0.892664035	1.29	120.761	39.5242	ANGSING	32	8683782	8286401	2.65E+08	1.05	96.387.312.68	121.352.673.86	183.093.346.70	199.760.493.74	199.760.493.74	199.760.493.74	199.760.493.74	199.760.493.74	199.760.493.74	199.760.493.74	199.760.493.74					
1.370843668	1.3	120.761	45.9594	ANGSING	32	1.3E+07	6305415	2.02E+08	1.10	138.702.578.40	161.260.719.17	239.850.386.70	252.861.323.48	252.861.323.48	252.861.323.48	252.861.323.48	252.861.323.48	252.861.323.48	252.861.323.48	252.861.323.48					
1.664378309	1.5	120.761	45.9594	ANGSING	32	1.5E+07	6335888	2.03E+08	1.11	108.570.457.00	130.635.819.78	258.193.30.46	267.247.050.19	267.247.050.19	267.247.050.19	267.247.050.19	267.247.050.19	267.247.050.19	267.247.050.19	267.247.050.19					
1.683104065	1.5	120.761	45.9594	ANGSING	32	52999935	6328108	2.02E+08	1.04	9.404.370.90	114.145.938.46	255.555.051.89	265.162.018.84	265.162.018.84	265.162.018.84	265.162.018.84	265.162.018.84	265.162.018.84	265.162.018.84	265.162.018.84					
2.064697504	1.6	120.761	49.0233	ANGSING	32	1.1E+07	5344764	1.71E+08	1.10	109.405.973.55	137.110.102.54	228.844.371.45	240.952.937.38	240.952.937.38	240.952.937.38	240.952.937.38	240.952.937.38	240.952.937.38	240.952.937.38	240.952.937.38					
5.82178912	2	60.3807	125.868	ANGSING	32	376974	2050391	6561257	1.08	5.011.123.44	6.564.128.99	7.933.72.47	10.078.549.66	10.078.549.66	10.078.549.66	10.078.549.66	10.078.549.66	10.078.549.66	10.078.549.66	10.078.549.66					
0.69725618	1.21	120.761	38.0751	ANGSING	32	3436507	9098063	2.91E+08	1.02	74.126.426.50	108.768.475.83	152.507.333.66	182.563.325.19	182.563.325.19	182.563.325.19	182.563.325.19	182.563.325.19	182.563.325.19	182.563.325.19	182.563.325.19					
1.70956331	1.5	120.761	47.2005	ANGSING	32	5761900	6099576	1.95E+08	1.04	94.649.458.74	119.710.705.26	222.220.531.63	281.148.277.23	281.148.277.23	281.148.277.23	281.148.277.23	281.148.277.23	281.148.277.23	281.148.277.23	281.148.277.23					
1.81770075	1.52	120.761	47.8298	ANGSING	32	6072896	5975864	1.91E+08	1.04	79.198.551.95	105.863.050.09	246.054.996.62	311.097.057.54	311.097.057.54	311.097.057.54	311.097.057.54	311.097.057.54	311.097.057.54	311.097.057.54	311.097.057.54					
1.783104935	1.38	120.761	43.4244	ANGSING	32	6322106	7215190	2.31E+08	1.04	62.084.333.15	89.642.829.96	259.675.04.59	327.880.658.95	327.880.658.95	327.880.658.95	327.880.658.95	327.880.658.95	327.880.658.95	327.880.658.95	327.880.658.95					
2.247452367	1.48	120.761	46.5711	ANGSING	32	4494336	6014356	1.92E+08	1.03	142.531.485.14	207.595.159.63	235.794.030.26	283.683.398.25	283.683.398.25	283.683.398.25	283.683.398.25	283.683.398.25	283.683.398.25	283.683.398.25	283.683.398.25					

MEASUREMENT TUJUAN										CEK JARAK SPASI TUJUAN										Presentase										CEK KUNDISI BALANCE										X		n
an inter	0.005	3813.3	725.4	7.20248	8	3039.52	1517.76	8022	42	40	14.015	0.048623	22.5	83.40	70.89	1151118	576.603.13	1218.008	1320.33	11625637	373.784	PAK MENENTUAN	250.00	211.50																		
0.011	3200	375.94	6.57909	8	3039.52	1517.76	8022	42	40	14.015	0.011581	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.011	3250	375.94	6.58166	8	3039.52	1517.76	8022	42	40	14.015	0.013571	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.011	3250	375.94	6.58298	8	3039.52	1517.76	8022	42	40	14.015	0.013581	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.014	3200	375.94	9.21198	12	4595.78	2279.64	11027	167	40	14.015	0.0123771	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.004	6000	375.94	15.792	16	6079.04	3039.52	16022	72.5	40	14.015	0.0243162	22.5	83.40	70.89	2902456	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.01	625	375.94	1.645	4	1517.76	759.88	4022	106	40	14.015	0.0243162	22.5	83.40	70.89	2902456	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.012	8000	375.94	6.57998	8	3039.52	1517.76	8022	42	40	14.015	0.0121581	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.017	3000	375.94	7.89988	8	3039.52	1517.76	8022	42	40	14.015	0.0121581	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.015	3750	375.94	8.53988	17	4595.78	2279.64	11027	167	40	14.015	0.0123771	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.012	3000	375.94	8.98998	17	4595.78	2279.64	11027	167	40	14.015	0.0121581	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.01	625	375.94	1.645	4	1517.76	759.88	4022	106	40	14.015	0.0243162	22.5	83.40	70.89	2902456	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.01	2500	375.94	6.57998	8	3039.52	1517.76	8022	42	40	14.015	0.0121581	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.016	4500	375.94	11.844	12	4595.78	2279.64	11027	167	40	14.015	0.0123771	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.019	4750	375.94	12.202	16	6079.04	3039.52	16022	72.5	40	14.015	0.0243162	22.5	83.40	70.89	2902456	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			
0.015	3750	375.94	8.53988	17	4595.78	2279.64	11027	167	40	14.015	0.0123771	50	265.40	223.69	1151118 <td>2.378.821.25</td> <td>1218.008<td>2514.241</td><td>77577500</td><td>335.210</td><td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td></td>	2.378.821.25	1218.008 <td>2514.241</td> <td>77577500</td> <td>335.210</td> <td>PAK MENENTUAN<td>375.00</td><td>318.75</td></td>	2514.241	77577500	335.210	PAK MENENTUAN <td>375.00</td> <td>318.75</td>	375.00	318.75																			

Tulangan Lembar															
es	f's	Cc	Tc	P	Mn	spelat Mn-Mu	Mnt	Mmb	Vu	Vc	ØVc	Vs min	Vs max		
0.002	453.600	1151218	738.437.50	1215808	673848	MEMENUHI	87.698.787.43	87.698.787.43	35848.9175	31.680.57	23.760.43	11880.213	11.983.33		
0.003	502.400	1151218	4.664.375.00	729485	5086108	MEMENUHI	778.161.851.38	778.161.851.38	342049.165	205.758.26	154.318.70	77159.349	73.166.67		
0.003	502.400	1768827	4.664.375.00	100304	6250898	MEMENUHI	768.036.830.32	768.036.830.32	337558.607	217.599.79	165.199.85	81599.233	73.166.67		
0.003	502.400	1151218	4.664.375.00	30395.2	5785198	MEMENUHI	646.033.916.98	646.033.916.98	283970.953	221.092.86	165.819.64	82909.822	73.166.67		
0.003	502.400	1768827	4.664.375.00	182371	6208831	MEMENUHI	783.547.500.88	783.547.500.88	344416.684	221.447.17	166.085.38	83042.688	73.166.67		
0.003	502.400	2302436	4.664.375.00	243162	6732650	MEMENUHI	903.827.006.38	903.827.006.38	397286.596	212.561.45	159.421.09	79710.544	73.166.67		
0.002	453.600	575609	738.437.50	1291.8	1312755	MEMENUHI	17.883.900.57	17.883.900.57	3666.97328	30.498.25	22.873.69	11436.844	11.983.33		
0.003	502.400	1151218	4.664.375.00	2431.62	5813162	MEMENUHI	640.748.799.60	640.748.799.60	346330.702	197.105.42	147.829.05	78914.532	73.166.67		
0.003	502.400	1151218	4.664.375.00	2279.64	5813314	MEMENUHI	640.720.076.14	640.720.076.14	346335.176	204.782.84	153.587.13	76793.564	73.166.67		
0.003	502.400	1151218	4.664.375.00	13343459	4481244	MEMENUHI	892.481.338.10	892.481.338.10	482422.152	206.979.98	155.234.99	77617.493	73.166.67		
0.003	502.400	1768827	4.664.375.00	182371.6	6113086	MEMENUHI	801.643.983.20	801.643.983.20	433330.364	201.572.44	143.679.93	71839.664	73.166.67		
0.003	502.400	1151218	4.664.375.00	574469	5241124	MEMENUHI	748.863.918.10	748.863.918.10	404791.307	201.316.66	150.987.50	75493.749	73.166.67		
0.002	490.199	575609	738.437.50	2279640	706143	MEMENUHI	15.389.827.85	15.389.827.85	8099.9094	29.348.21	22.011.16	11005.579	11.983.33		
0.003	502.400	1151218	4.664.375.00	2279640	3559933	MEMENUHI	1.071.141.84.18	1.071.141.84.18	563758.518	188.529.12	141.396.84	70698.419	73.166.67		
0.003	502.400	1768827	4.664.375.00	1833712	4567490	MEMENUHI	1.093.760.912.08	1.093.760.912.08	575663.638	192.023.61	144.017.71	72008.855	73.166.67		
0.003	502.400	1768827	4.664.375.00	3191496	3198706	MEMENUHI	1.332.272.088.08	1.332.272.088.08	711722.152	192.833.52	144.625.14	72312.57	73.166.67		
0.003	502.400	2302436	4.664.375.00	2176644	4839147	MEMENUHI	1.259.997.959.98	1.259.997.959.98	663156.821	193.094.85	144.821.13	72410.567	73.166.67		
0.003	502.400	1768827	4.664.375.00	2279640	4411562	MEMENUHI	1.179.931.394.08	1.179.931.394.08	621016.476	190.158.59	145.618.94	71809.472	73.166.67		

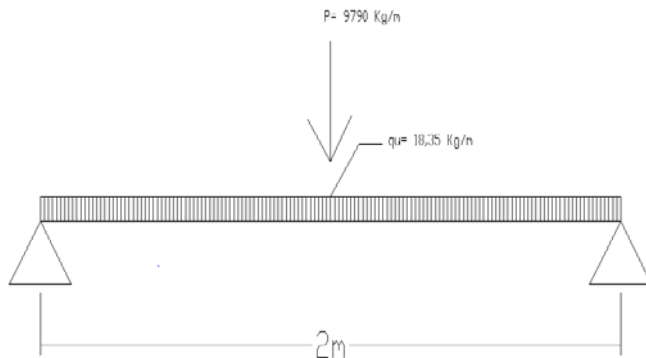
Cek kondisi 1	Cek kondisi 2	Cek kondisi 3	Cek kondisi 4	Cek kondisi 5	Kondisi	Vs	AV	S	S	Tul. Geser dipakai	sengat
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	19718	157.08	265.756	250	Ø10-250mm	2 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	250307	235.62	99.1776	80	Ø10-80mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	232532	235.62	106.759	100	Ø10-100mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	157535	157.08	105.055	100	Ø10-100mm	2 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	237775	235.62	104.405	100	Ø10-100mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	317154	314.16	104.365	100	Ø10-100mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	1	73166.7	157.08	219.5	200	Ø10-200mm	2 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	254696	235.62	93.7865	90	Ø10-90mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	256997	235.62	96.5958	90	Ø10-90mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	486250	235.62	96.9052	50	Ø10-50mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	386188	235.62	64.2817	50	Ø10-50mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	338405	235.62	73.3584	70	Ø10-70mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	1	73166.7	157.08	219.5	200	Ø10-200mm	3 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	563149	314.16	98.7763	50	Ø10-50mm	4 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	575528	314.16	57.5121	50	Ø10-50mm	4 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	756129	392.70	54.7192	50	Ø10-50mm	5 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	691114	392.70	59.8668	50	Ø10-50mm	5 takti
TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	TIDAK OKE	4	637863	392.70	64.8646	50	Ø10-50mm	5 takti

H. Hasil Revisi

▪ Perhitungan Balok Baja Penggantung Lift

Dari data yang telah diperhitungkan diatas diperoleh :

- Beban $P_u = 9790 \text{ kg} = 9,8 \text{ ton}$
- WF 300.150.6,5.9
- Weight = $36,7 \text{ kg/m}$
- $q_u = 36,7 \text{ kg/m} = 0,0367 \text{ ton/m}$
- Asumsi Perletakan



$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{4} P_u \cdot l \\ &= \left(\frac{1}{4} \times 9,8 \text{ ton} \times 2\text{m} \right) \\ &= 4,9 \text{ ton.m} = 4,9 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Coba profil WF 350.150.6,5.9

- Periksa syarat kelangsingan profil

A. Mencari λ (kelangsingan penampang balok)

$$\begin{aligned} \Lambda_f &= \frac{b}{2tf} \\ &= \frac{150}{2,9} = 8,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Lambda_w &= \frac{h}{tw} \\ &= \frac{300}{6,5} = 46,2 \end{aligned}$$

B. Mencari λ_p

$$\begin{aligned}\Lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{fy}} \\ &= \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{fy}} \\ &= \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44\end{aligned}$$

Syarat :

$\Lambda < \Lambda_p$ (Penampang kompak)

- Penampang Kompak

$$M_p = M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4,9 \cdot 10^7}{0,9} = 5,4 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y$$

$$\begin{aligned}Z_{x \text{ perlu}} &= \frac{M_p}{f_y} \\ &= \frac{5,4 \cdot 10^7}{240} = 2250 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Gunakan profil WF 300.150.6,5.9 ($Z_x = 481 \text{ cm}^3$, $I_x = 508 \text{ cm}^4$) akibat berat sendiri profil momen lentur bertambah menjadi :

$$\begin{aligned}Mu &= 1,2 (1/8 q l^2) + Mu \\ &= 1,2 (1/8 \cdot 0,0367 \cdot 4) + 4,9 = 4,92 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 481 \times 240 = 11,5 \text{ ton .m}\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,90 (11,5) = 10,35 \text{ ton.m} > 4,92 \text{ ton.m}$$

(memenuhi)

- Periksa terhadap syarat lendutan

$$\begin{aligned}\Delta_{\max} &= \frac{P.L^3}{48 EI} = \frac{9,8.2000^3}{48 .200000 \times 508 .10000} \\ &= 0,002 < \frac{L}{240} \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

- **Keterangan :**

$$\phi_b = 0,90$$

Mn = tahanan momen nominal

Mu = momen lentur akibat beban terfaktor

Mp = tahanan momen plastis

Z = modulus plastis

fy = Kuat leleh

λ = kelangsingan penampang balok

4.10.3 Perencanaan P4

- Kedalaman tiang pancang : 13 m
 - Diameter tiang pancang : 40 cm
 - Keliling tiang pancang : $\pi \cdot d$
 $(K_{l_{tp}}) = \pi \cdot 40 \text{ cm}$
 $= 125,67 \text{ cm}$
 - Luas tiang pancang (A_{tp}) : $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (40 \text{ cm})^2$
 $= 1257 \text{ cm}^2$
 - Tebal selimut beton : 75 mm
- 5 (SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7.1.a)**
- Mutu beton (f_c') : -Poer = 25 MPa
 - Mutu baja : -Poer = 400 Mpa
 - Dimensi Poer : P = 3,13 m
L = 3,20 m

4.10.4.1 Perhitungan Daya Dukung Ijin (P.ijin)

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai q_{conus} dan dalam perhitungannya menggunakan **Metode Mayerhoff**. Faktor keamanan $SF_1 = 3$. Dari data SPT kedalaman 15 m maka di dapatkan daya dukung tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + (\frac{N_{AV} \times A_s}{5})$$

Dimana :

- Q_u : Daya dukung ultimate tiang (Ton)
- Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang
- Q_p : Daya dukung ujung tiang
- Q_s : Daya dukung selimut tiang
- N : Nilai SPT pada ujung tiang
- N_{av} : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

A_p : Luas permukaan ujung tiang (m^2)
 A_s : Luas selimut tiang (m^2)
 SF : Angka keamanan ($SF=3$)

4.10.4.2 Kekuatan Tanah Dan Kekuatan Bahan

Nilai SPT pada ujung tiang :

$$\begin{aligned}
 N &= 19 \text{ blow/feet} \\
 &= \frac{19}{0,3408} = 55,751 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

N_{av} = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

Nilai SPT = $1+1+1+5+19 = 27$ blow/feet

$$\begin{aligned}
 N_{av} &= \frac{27 \text{ blow/feet}}{5} = 5,4 \text{ blow/feet} \\
 &= \frac{5,4 \text{ blow/feet}}{0,3408} = 15,85 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

(keterangan : Satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan blow/m , 1 feet = 0,3408 m)

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

Luas permukaan ujung tiang

$$\begin{aligned}
 A_p &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 40cm^2 \\
 &= 1257 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,1257 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas selimut tiang

$$\begin{aligned}
 A_s &= \pi \times d \times l \\
 &= \pi \times 40 \times 1300 \\
 &= 16,34 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate tiang

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times 55,751 \times 0,1257) + \left(\frac{15,85 \times 16,34}{5} \right)$$

$$= 332,11 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ijin}}{SF}$$

$$= \frac{332,11}{3} = 110,7 \text{ ton}$$

Jadi kekuatan ijin pancang adalah 110,7ton

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIJAYA KARYA untuk diameter 40 cm tipe A2-K600, didapat :

400	75	A2	766	191	6-16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50

$$Q_b = 121,10 \text{ ton}$$

$$121,10 \text{ ton} > 110,7 \text{ ton}$$

Maka kekuatan tiang pancang yang digunakan berdasarkan kekuatan tanah 110,7ton

4.10.4.3 Kelompok Tiang Pancang

Berdasarkan Output SAP 2000 pada joint 497 diperoleh :

Akibat Beban Tetap (1D+ 1L)					
Joint 499			Joint 500		
P	54884,25	kg	P	55297,71	kg
Mx	481,89	kgm	Mx	506,18	kgm
My	465,3	kgm	My	486,69	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	49194,83	kg	P	53432,45	kg
Mx	-991,74	kgm	Mx	-806,92	kgm
My	805,54	kgm	My	914,11	kgm
Akibat Beban Sementara(1D+ 1L + 1 Ex)					
Joint 499			Joint 500		
P	90908,28	kg	P	67053,79	kg
Mx	1887,38	kgm	Mx	2072,73	kgm
My	4908,34	kgm	My	6326,43	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	63019,14	kg	P	84079,06	kg
Mx	2438,9	kgm	Mx	2119,25	kgm
My	7486,78	kgm	My	5180,48	kgm
Akibat Beban Sementara(1D+ 1L + 1 Ey)					
Joint 499			Joint 500		
P	102960,3	kg	P	99318,75	kg
Mx	6357,38	kgm	Mx	6516,79	kgm
My	1513,57	kgm	My	2787,2	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	89886,57	kg	P	98096,59	kg
Mx	5736,07	kgm	Mx	6247,37	kgm
My	3937,74	kgm	My	1864,87	kgm

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S) menurut buku karangan **Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2** disebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (s) :

2,5 D	≤	s	≤	3D
2,5 x 40	≤	s	≤	3 x 40
100	≤	s	≤	120
Arah x	=	193 cm		
Arah y	=	200 cm		

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer (s')

1,5 D	≤	s	≤	2D
1,5 x 40	≤	s	≤	2 x 40
60	≤	s	≤	80

Dipakai s' = 60 cm

Perencanaan ketebalan poer tipe 1

Panjang	=	3,13 m
Lebar	=	3,20 m

4.10.4.4 Kelompok Tiang Pancang Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi dengan metode AASHTO

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n - 1)m + (m - 1)n}{90. m. n}$$

Dimana :

m	=	banyaknya kolom
n	=	banyaknya baris
D	=	diameter tiang pancang
s	=	jarak antar As tiang pancang

$$\begin{aligned}\theta &= \text{arc tg } D/s \\ &= \text{arc tg } 40/120 = 18,26\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \\ &= 1 - 18,26 \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \right) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{ijin tanah}} &= 0,8 \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 0,8 \times 110.700 \text{ kg} \\ &= 88.560 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}P_{\text{ijintanah}} &= 88.560 \text{ kg} < P_{\text{ijin bahan}} \\ &= 88.560 \text{ kg} < 121.100 \text{ kg} \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{ijin tanah total}} &= \text{jumlah tiang} \cdot P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 4 \cdot 88.560 \text{ kg} \\ &= 354.240 \text{ kg}\end{aligned}$$

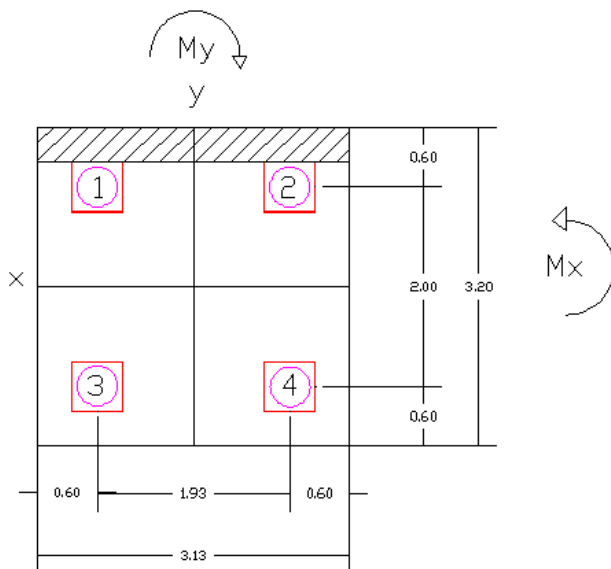
4.10.4.5 PerencanaanTebal Pile Cap (Poer)

$$\begin{aligned}q_t &= \frac{P_{\text{ijin tanah total}}}{\text{luasan poer}} = \frac{354.240 \text{ kg}}{313 \text{ cm} \cdot 320 \text{ cm}} \\ &= 3,53 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,353 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai d terbesar di antara keduanya).

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi , dimana V_c diambil dari persamaan berikut :

a. Geser 1 arah



Gambar 4.95 Geser Satu Arah Pada Poer

- Luas Tributari Area (A_t)

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{p_{poer} - b_{kolom} - 2d}{2} \times l_{poer} \\
 &= \frac{3130 - 500 - 2d}{2} \times 3200 \\
 &= (1315 - d) \times 3200 \\
 &= 4208000 - 3200d
 \end{aligned}$$
- Beban Gaya Geser (V_u)

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_t \cdot A_t \\
 &= 0,353 \cdot (4208000 - 3200d) \\
 &= 1485424 - 1129,6d
 \end{aligned}$$

- Gaya Geser yang mampu dipikul oleh beton V_c (N)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.8.6)

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$1485424 - 1129,6 d \leq 0,75 \cdot \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 3130 \cdot d$$

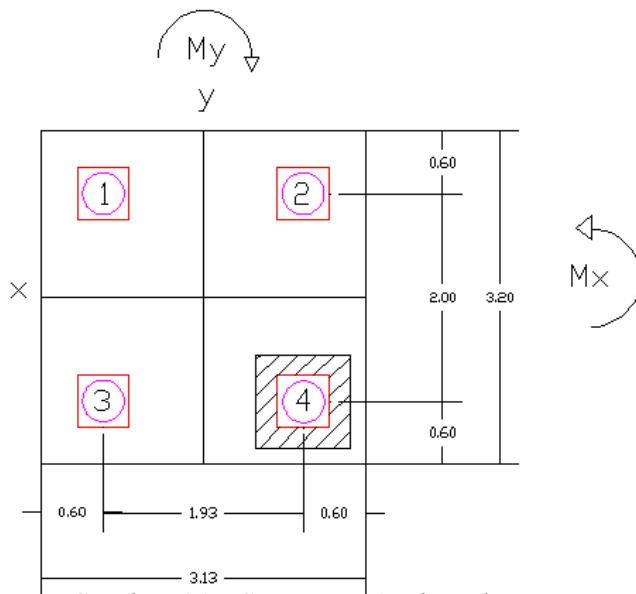
$$1485424 - 1129,6 d \leq 2608,3 d$$

$$1485424 \leq 2608,3 d + 1129,6 d$$

$$1485424 \leq 3737,9 d$$

$$d \geq 397,39 \text{ mm}$$

b. Geser Dua Arah



Gambar 4.96 Geser Dua Arah Pada Poer

Berdasarkan **SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a), (b), dan (c)**, untuk perencanaan pelat atau fondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 500/500 = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= (2 \cdot (500+500)) + 4d$$

$$= 2000 + 4d$$

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$$

Dimana :

$\alpha_s = 40$ untuk kolom dalam

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

■ Luas Tributari Area (A_t)

$$A_t = (L_{poer} \times B_{poer}) - ((L_{kolom} + \text{tebal}_{poer}) \times (B_{kolom} + \text{tebal}_{poer}))$$

$$A_t = (3130 \times 3200) - ((500+d) \times (500+d))$$

$$A_t = (10.016.000) - (250.000 + 1000d + d^2)$$

$$A_t = 10.016.000 - 250.000 - 1000d - d^2$$

$$A_t = 10.016.000 - 1000d - d^2$$

- Beban Gaya Geser (V_u)

$$V_u = q t \times A_t$$

$$V_u = 0,353 \times (10.016.000 - 1000d - d^2)$$

$$V_u = 3535648 - 353d - 0,353 d^2$$

$$V_u = -0,353 d^2 - 353d + 3.535.648$$

Persamaan 1 (SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a))

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot ((2 \times (500 + 500)) + 4d) \cdot d \\ &= 2,5 \times (4d + 2000) \times d \\ &= 2,5 \times (4d^2 + 2000d) \\ &= 10d^2 + 5000d \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$10d^2 + 5000d \geq -0,353 d^2 - 353 d + 3.535.648$$

$$10d^2 + 5000d + 0,353d^2 + 353 d - 3.535.648 \geq 0$$

$$10,353 d^2 + 5.353 d - 3.535.648 \geq 0$$

$$d^2 + 517,048 d - 341.509,5 \geq 0$$

$$d_{12} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} \geq \frac{-517,048 \pm \sqrt{517,048^2 - 4 \times 1 \times (-341.509,5)}}{2 \times 1}$$

$$d_{12} \geq -258,524 \pm 639$$

$$d_1 \geq -258,524 - 639$$

$$d_1 \geq -897,524 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -258,524 + 639$$

$$d_2 \geq 380,6 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_1 \geq 380,6 \text{ mm}$$

Persamaan 2(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (b))

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{bo} + 2 \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'} \cdot bo \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = \left(\frac{40 d}{4d + 2000} + 2 \right) \left(\frac{\sqrt{25'} \cdot (4d + 2000) \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = \left(\frac{40d + 8d + 4000}{4d + 2000} \right) \left(\frac{\sqrt{25} \cdot (4d + 2000) \cdot d}{12} \right)$$

$$V_c = (40d + 8d + 4000) \left(\frac{\sqrt{25} d}{12} \right)$$

$$V_c = (48 d + 4000) 0,417d$$

$$V_c = 20,016 d^2 + 1668 d$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$20,016 d^2 + 1668 d \geq -0,353 d^2 - 353 d + 3.535.648$$

$$20,016 d^2 + 1668 d + 0,353d^2 + 353 d - 3.535.648 \geq 0$$

$$20,369 d^2 + 2021 d - 3.535.648 \geq 0$$

$$d^2 + 99,219 d - 173579,8 \geq 0$$

$$d_{12} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} \geq \frac{-99,219 \pm \sqrt{99,219^2 - 4 \times 1 \times (-173579,8)}}{2 \times 1}$$

$$d_{12} \geq -49,61 \pm 419,57$$

$$d_1 \geq -49,61 - 419,57$$

$$d_1 \geq -469,18 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -49,61 + 419,57$$

$$d_2 \geq 369,96 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 \geq 369,96 \text{ mm}$$

Persamaan 3(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (c))

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{25} \cdot (4d + 2000) \times d$$

$$V_c = 1,67 \cdot (4d + 2000) \times d$$

$$V_c = (6,68d + 3340) \times d$$

$$V_c = 6,68d^2 + 3340d$$

Syarat :

$$V_c \geq V_u$$

$$6,68d^2 + 3340d \geq -0,353d^2 - 353d + 3.535.648$$

$$6,68d^2 + 3340d + 0,353d^2 - 353d - 3.535.648 \geq 0$$

$$7,033d^2 + 3693d - 3.535.648 \geq 0$$

$$d^2 + 525,096d - 502722,5935 \geq 0$$

$$d_{12} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} \geq \frac{-525,096 \pm \sqrt{525,096^2 - 4 \times 1 \times (-502722,5935)}}{2 \times 1}$$

$$d_{12} \geq -262,5 \pm 756$$

$$d_1 \geq -262,5 - 756$$

$$d_1 \geq -1018,5 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -262,5 + 756$$

$$d_2 \geq 493,5 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_3 \geq 493,5 \text{ mm}$$

Maka diambil d terbesar berdasarkan geser ponds dua arah akibat kolom yaitu $d \geq 493,5 \text{ mm}$

Dari keempat persamaan diatas , didapatkan harga d yang paling memenuhi $d \geq 493,5 \text{ mm}$ (nilai terbesar) . Jadi diperoleh tebal poer :

- Dipakai $d = 493,5 \text{ mm}$
- Dipakai $h = \text{tebal selimut} + D.\text{tulangan Poer} + 1/2 D \text{ tul poer} + d \text{ rencana}$
 $= 75 + 19 + (1/2.19) + 493,5$
 $= 597 \text{ mm}$

Direncanakan $h = 600 \text{ mm}$

Cek Terhadap Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,07 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang , tetapi tidak kurang dari 300 mm .

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.16.1*)

$$0,07 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \times 400 \times 19 = 532 \text{ mm}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan **12db** pada ujung bebas kait

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.16.1*)

$$L = 12 d_b$$

$$= 12 \times 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm}$$

$$L_d \text{ vertikal} = 532 \text{ mm} - 228 \text{ mm}$$

$$= 304 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat} = h > L_d$$

$$= 600 \text{ mm} > 304 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipakai tebal Poer (h) = 600 mm

4.10.4.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

1. Perencanaan Akibat Beban Tetap

Dari hasil output SAP 2000 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) diperoleh nilai :

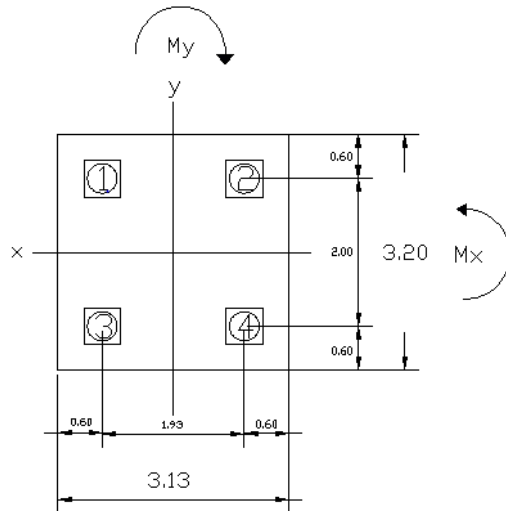
Akibat Beban Tetap (1D+ 1L)					
Joint 499			Joint 500		
P	54884,25	kg	P	55297,71	kg
Mx	481,89	kgm	Mx	506,18	kgm
My	465,3	kgm	My	486,69	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	49194,83	kg	P	53432,45	kg
Mx	-991,74	kgm	Mx	-806,92	kgm
My	805,54	kgm	My	914,11	kgm

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $3,13 \times 3,20 \times 0,6 \times 2400 = 14423,04$ kg
- P.max

P499	= 54884,25 kg
P500	= 55297,71 kg
P501	= 49194,83 kg
P502	= <u>53432,45 kg</u> +
ΣP	= 227232,3kg

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{227232,3 \text{ kg}}{88560 \text{ kg}} = 2,6 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$



Gambar 4.97 Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Tetap

$$\begin{aligned}
 e_x &= \frac{\sum M}{\sum P} \\
 &= \frac{-810,59}{212809} = -0,00381
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_y &= \frac{\sum M}{\sum P} \\
 &= \frac{2671,64}{212809} = 0,012
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 My1 &= (\sum My + (P1 \cdot e_y)) \\
 &= (2671,64 + (54884,25 \cdot 0,012)) = 3360,665 \text{kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mx1 &= (\sum Mx + (P1 \cdot e_x)) \\
 &= (-810,59 + (54884,25 \cdot -0,00381)) = -810,59 \text{kgm}
 \end{aligned}$$

4 tiang	Keterangan		ex	ey	My(kgm)	Mx(kgm)
	1D+1L	P1	-0.00381	0.012554	3360.665	-810.59
		p2			3365.856	-1021.22
		p3			3289.239	-997.973
		p4			3342.439	-1014.11
	1D+1L+Ex	P1	0.063695	0.025889	26255.53	14308.63
		p2			25637.97	12789.23
		p3			25533.51	12532.24
		p4			26078.73	13873.64
	1D+1L+Ey	P1	0.027923	0.078352	18170.51	12842.55
		p2			17885.19	27630.91
		p3			17146.16	27367.53
		p4			17789.43	27596.78

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4. Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x ²
X1	0,965	0,93123
X2	0,965	0,93123
X3	0,965	0,93123
X4	0,965	0,93123
$\sum x^2$		3,7249

	y (m)	y ²
Y1	1	1
Y2	1	1
Y3	1	1
Y4	1	1
$\sum x^2$		4

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{227232,3 \text{ kg}}{4} + \frac{3360,665 \cdot 0,965}{3,7249} + \frac{-810,59,1}{4}$$

$$P_1 = 55734,78 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_2 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{227232,3 \text{ kg}}{4} + \frac{3365,865 \text{ kg} \cdot 0,965}{3,7249} + \frac{-1021,219 \text{ kg} \cdot 1}{4}$$

$$P_2 = 57424,75 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_3 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_3 = \frac{227232,3 \text{ kg}}{4} - \frac{3289,239 \text{ kg} \cdot 0,965}{3,7249} - \frac{-997,973 \text{ kg} \cdot 1}{4}$$

$$P_3 = 57057,56 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_4 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_4 = \frac{227232,3 \text{ kg}}{4} + \frac{3342,439 \text{ kg} \cdot 0,965}{3,7249} - \frac{-1014,114 \text{ kg} \cdot 1}{4}$$

$$P_4 = 57927,52 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\text{max}} = 57927,52 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

$$P_{\text{max}} = 57927,52 \text{ kg} < 88.560 \text{ kg (memenuhi)}$$

Dari perhitungan pada joint-joint diatas dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL) .

2. Perencanaan Akibat Beban Sementara

Dari hasil output SAP 2000 joint 43 akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQx) diperoleh nilai :

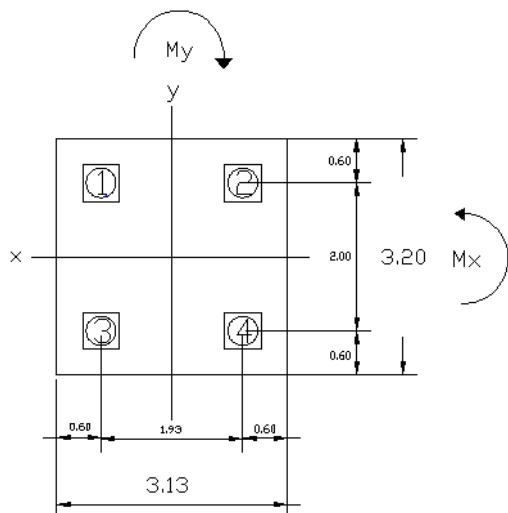
Akibat Beban Sementara(1D+ 1L + 1 Ex)					
Joint 499			Joint 500		
P	90908,28	kg	P	67053,79	kg
Mx	1887,38	kgm	Mx	2072,73	kgm
My	4908,34	kgm	My	6326,43	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	63019,14	kg	P	84079,06	kg
Mx	2438,9	kgm	Mx	2119,25	kgm
My	7486,78	kgm	My	5180,48	kgm

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = 3,13 x3,20 x 0,6 x2400= 14423,04 kg
- P.max

P499	= 90908,28kg
P500	= 67053,79 kg
P501	= 49194,83 kg
P502	= <u>53432,45 kg</u> +
ΣP	= 319483,3kg

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{319483,3 \text{ kg}}{88560 \text{ kg}} = 3,6 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$



Gambar 4. 98Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4. Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x²
X1	0,965	0,93123
X2	0,965	0,93123
X3	0,965	0,93123
X4	0,965	0,93123
Σx²		3,7249

	y (m)	y²
Y1	1	1
Y2	1	1
Y3	1	1
Y4	1	1
Σx²		4

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{319483,3 \text{ kg}}{4} - \frac{26255,53 (0,965)}{3,7249} + \frac{14308,63 \text{ kg (1)}}{4}$$

$$P_1 = 76646,03 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_2 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{319483,3 \text{ kg}}{4} + \frac{25637,97 (0,965)}{3,7249} + \frac{12789,23 \text{ kg (1)}}{4}$$

$$P_2 = 89710,09 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_3 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_3 = \frac{319483,3 \text{ kg}}{4} - \frac{25533,51 (0,965)}{3,7249} - \frac{12532,24 \text{ kg (1)}}{4}$$

$$P_3 = 70122,87 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_4 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y.X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x.Y}{\sum y^2}$$

$$P_4 = \frac{319483,3 \text{ kg}}{4} + \frac{26078,73 (0,965)}{3,7249} - \frac{13873,64 \text{ kg (1)}}{4}$$

$$P_4 = 83158,56 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :

$$P_{\text{max}} = 89710,09 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 89710,09 \text{ kg} < 1.3 \times \text{Pijin tanah} \\
 &= 89710,09 \text{ kg} < 1.3 \times 88.560 \text{ kg} \\
 &= 89710,09 \text{ kg} < 115.128 \text{ kg (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan pada joint-joint diatas dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL+ IEx) .

3. Perencanaan Akibat Beban Sementara

Dari hasil output SAP 2000 joint 43 akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL + EQy) diperoleh nilai :

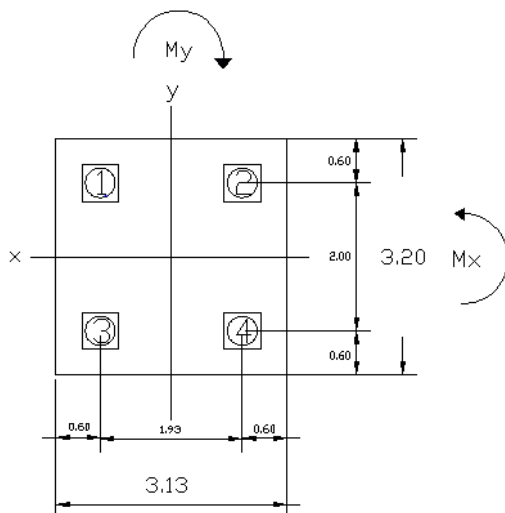
Akibat Beban Sementara(1D+ 1L + 1 Ey)					
Joint 499			Joint 500		
P	102960,3	kg	P	99318,75	kg
Mx	6357,38	kgm	Mx	6516,79	kgm
My	1513,57	kgm	My	2787,2	kgm
Joint 501			Joint 502		
P	89886,57	kg	P	98096,59	kg
Mx	5736,07	kgm	Mx	6247,37	kgm
My	3937,74	kgm	My	1864,87	kgm

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh
Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh sementara
adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri poer = $3,13 \times 3,20 \times 0,6 \times 2400 = 14423,04 \text{ kg}$
- P_{\max}

P499	= 102960,3kg
P500	= 99318,75 kg
P501	= 89866,57 kg
P502	= <u>98096,59 kg</u> +
ΣP	= 404685,3kg

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{404685,3 \text{ kg}}{88560 \text{ kg}} = 4 \text{ buah}$$



Gambar 4. 99Arah Gaya Pada Poer P4 Akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial :

Tabel 4. Perhitungan Jarak X dan Y

	x (m)	x²
X1	0,965	0,93123
X2	0,965	0,93123
X3	0,965	0,93123
X4	0,965	0,93123
Σx²		3,7249

	y (m)	y ²
Y1	1	1
Y2	1	1
Y3	1	1
Y4	1	1
Σx ²		4

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$\text{➤ } P_1 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{404685,3 \text{ kg}}{4} - \frac{18170,51 (0,965)}{3,7249} + \frac{1284,55 \text{ kg} \cdot 1}{4}$$

$$P_1 = 99674,57 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_2 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{404685,3 \text{ kg}}{4} + \frac{17885,19 (0,965)}{3,7249} + \frac{27630,91 \text{ kg} \cdot 1}{4}$$

$$P_2 = 112712,5 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_3 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y}{\sum y^2}$$

$$P_3 = \frac{404685,3 \text{ kg}}{4} - \frac{17146,16 (0,965)}{3,7249} - \frac{27367,53 \text{ kg} \cdot 1}{4}$$

$$P_3 = 89887,43 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } P_4 = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y}{\sum y^2}$$

$$P_4 = \frac{404685,3 \text{ kg}}{4} - \frac{17789,43 (0,965)}{3,7249} + \frac{27596,78 \text{ kg} \cdot 1}{4}$$

$$P_4 = 98880,79 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang :
 $P_{\max} = 112712,5 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}}$

Merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pasal 1.2 (2) ,untuk daya dukung pondasi pada tanah lunak dengan memakai kombinasi beban sementara dinaikkan 30 %

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 112712,5 \text{ kg} < 1.3 \times P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 112712,5 \text{ kg} < 1.3 \times 88560 \text{ kg} \\ &= 112712,5 \text{ kg} < 115.128 \text{ kg} \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan pada joint-joint diatas dengan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah , diameter tiang pancang ϕ 40 cm dengan kedalaman 13 m telah mencukupi untuk menahan gaya-gaya akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL+ 1Ey) .

4.10.4.7 Perencanaan Lentur Pile Cap (Poer)

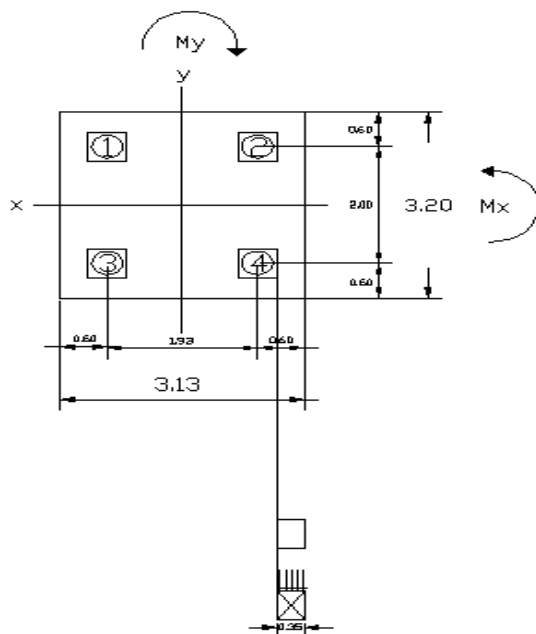
Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban gsementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

▪ Data Perencanaan

- Dimensi poer	= 3,13 m x 3,20 m x 0,6 m
- Jumlah tiang pancang	= 2 buah
- Dimensi kolom	= 50 cm x 50 cm
- Mutu beton (f_c')	= 25 MPa
- Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
- Diameter tulangan utama	= 19 mm
- Selimut beton (p)	= 75 mm

- $\varphi = 0,8$
- $h = 500 \text{ mm}$
- $dx = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul.lentur}}$
 $= 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm}$
 $= 515,5 \text{ mm}$
- $dy = h - \text{decking} - \varnothing_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul.lentur}}$
 $= 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm}$
 $= 496,5 \text{ mm}$

1. Penulangan Poer Arah Sumbu X



Gambar 4.100 Mekanika Gaya Pada Poer Arah X

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :
 Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 3,2 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3840 \text{ kg} \\ Q &= q_u \times l \\ &= 3840 \text{ kg} \times (0,35) \\ &= 1344 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= MQ \\ &= (Q \times \frac{1}{2} l) \\ &= (1344 \times 0,175) \\ &= -235,2 \text{ kgm} \\ &= -2352000 \text{ Nmm} \\ &= -2.352.000 \text{ Nmm} \text{ (ambil nilai mutlak)} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2.352.000 \text{ Nmm}}{0,8} = 2940000 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{2940000 \text{ Nmm}}{3200 \text{ mm} \cdot (515,5 \text{ mm})^2} = 0,003$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,003}{400}} \right] \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3})$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1})$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,027$$

$$= 0,02 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3})$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,0005 < 0,02 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

maka, ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,0005 = 0,0006 < \rho_{\text{min}} \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 515,5 \text{ mm}$$

$$= 5773,36 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan Ø19

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 3200 \text{ mm}}{4653,6 \text{ mm}^2}$$

$$S = 194 \text{ mm} < 1200 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

sehingga,

$$S_{\text{pakai}} = 150$$

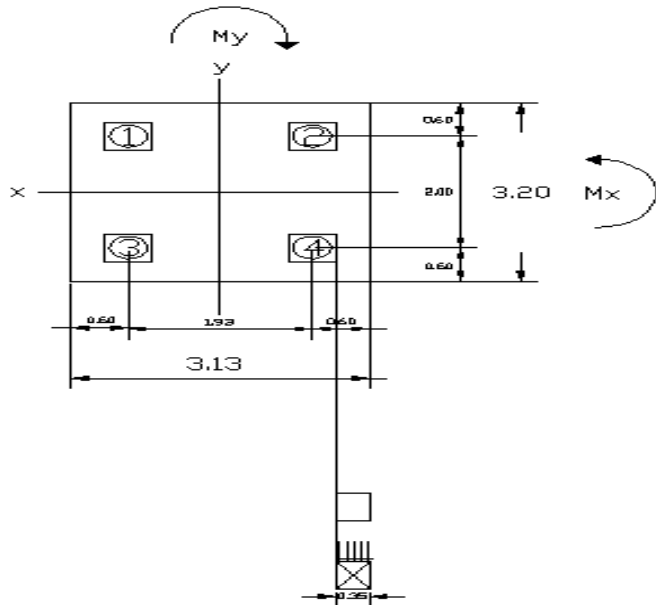
$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot 3200 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 6048\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 6048 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 5773,36 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Maka penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan $\phi 19-150$

1. Penulangan Poer Arah Sumbu Y



Gambar 4.101 Mekanika Gaya Pada Poer Arah y

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :
 Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 3,13 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3756 \text{ kg} \\ Q &= q_u \times l \\ &= 3756 \text{ kg} \times (0,35) \\ &= 1314,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= MQ \\ &= (Q \times \frac{1}{2} l) \\ &= (1314,6 \times 0,175) \\ &= -230,055 \text{ kgm} \\ &= -2300550 \text{ Nmm} \\ &= 2.300.550 \text{ Nmm (ambil nilai mutlak)} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2.300.550 \text{ Nmm}}{0,8} = 2875687,5 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{2875687,5 \text{ Nmm}}{3130 \text{ mm} \cdot (496,5 \text{ mm})^2} = 0,003$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,003}{400}} \right] \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3})$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$= 0,75 \cdot 0,027$$

$$= 0,02$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0035 < 0,0005 < 0,02 \text{ (tidak memenuhi)}$$

maka, ρ_{perlu} dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,0005 = 0,0006 < \rho_{\text{min}} \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 3130 \text{ mm} \cdot 496,5 \text{ mm}$$

$$= 5439,16 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2 h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\emptyset 19$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \cdot 3130 \text{ mm}}{4343,66 \text{ mm}^2}$$

$$S = 204 \text{ mm} < 1200 \text{ mm (memenuhi)}$$

sehingga,

$$S_{\text{pakai}} = 150$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot 3130 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 5916\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 5916 \text{ mm} > A_{S_{\text{perlu}}} = 5439,16\text{mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Maka penulangan poer arah sumbu Y dipasang tulangan Ø19-150

4.10.4.8 Perhitungan Panjang Penyaluran Stek Tulangan Kolom

Berdasarkan **PBBI '71** psl **8.6.1** dan **8.6.2** panjang penyaluran dasar (L_d') adalah :

$$L_d' = 0,07 \times \frac{A_x \sigma_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{au}^*$$

Dimana :

A = Luas penampang (cm^2)

σ_{au}^* = **Kekuatan baja rencana menurut PBBI'71 tabel 10.4.3**

F_y = Tegangan leleh baja : 400 Mpa

σ_{bk} = Kekuatan tekan beton : $f_c = 25$ Mpa

Diameter kawat pengikat minimal 2,5 mm

$$L_d' = 0,07 \times \frac{\left(\frac{1}{4}\pi d^2\right) \times 0,87 \times f_y}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times f_y$$

$$L_d' = 0,07 \times \frac{2,835 \times 0,87 \times 4000}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 4000$$

$$L_d' = 43,68 \text{ cm} \geq 23,4 \text{ cm}$$

$$\text{Diambil } L_d' = 43,68 \text{ cm}$$

Panjang penyaluran

$$(L_d) = L_d' \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 43,68 \text{ cm} \times 1,4 \times 0,8$$

$$= 48,92 \text{ cm} > 30 \text{ cm (memenuhi)}$$

$$\text{Diambil } L_d = 50 \text{ cm}$$

$$\sigma_{kait} = K \times \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } K &= 0,035 \times \sigma_{au}^* && \leq 100 \\ &= 0,035 \times 0,87 \times f_y && \leq 100 \\ &= 0,03 \times 0,87 \times 4000 && \leq 100 \\ &= 121,800 && \leq 100 \end{aligned}$$

Jadi nilai K diambil 100

$$\begin{aligned} \sigma_{kait} &= 100 \times \sqrt{250} \\ &= 1581,139 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Panjang penyaluran ekivalen ($L_d'_{ek}$)

$$L'_{dek} = 0,07 \times \frac{A \times \sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \sigma_{kait}$$

$$L'_{dek} = 0,07 \times \frac{2,835 \times 1518,139}{\sqrt{250}} \geq 0,0065 \times 1,9 \times 1581,139$$

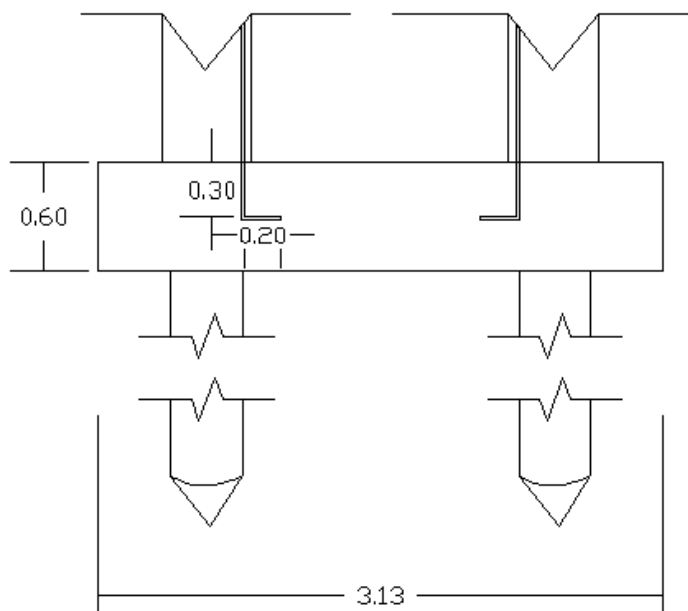
$$L'_{dek} = 19,054 \text{ cm} \geq 19,527 \text{ cm}$$

$$\text{Diambil } L'_{dek} = 20 \text{ cm}$$

Jadi panjang penjangkaran yang digunakan :

$$= L_d - L_d'_{dek}$$

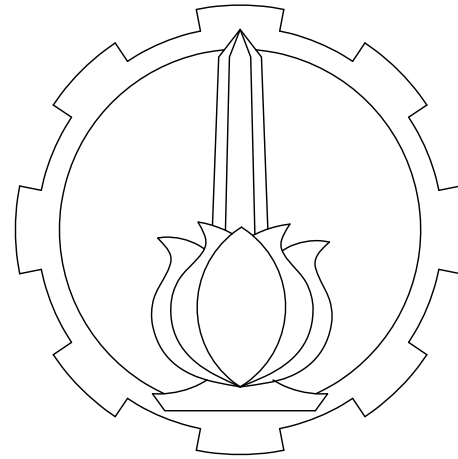
- $50 - 20 = 30 \text{ cm}$
- $= 300 \text{ mm}$
- $= 0,3 \text{ m}$



Gambar 4.102 Gambar Stek Kolom

GAMBAR PERENCANAAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH



OLEH :

Mahasiswa 1 :

Yudith Vemmy

NRP : 3111030007

Mahasiswa 2 :

Adelia Munawaroh

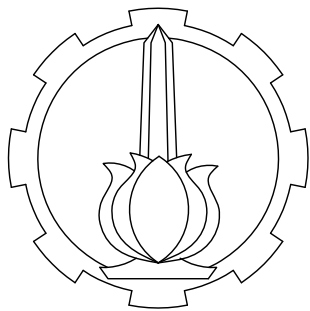
NRP : 3111030038

Dosen Pembimbing :

Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.

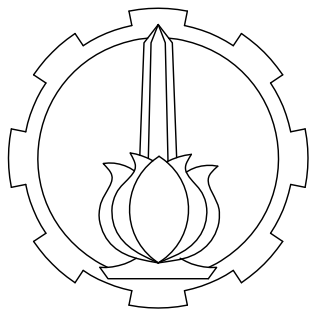
NIP. 19630726 198903 1 003

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG



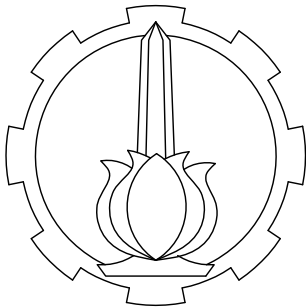
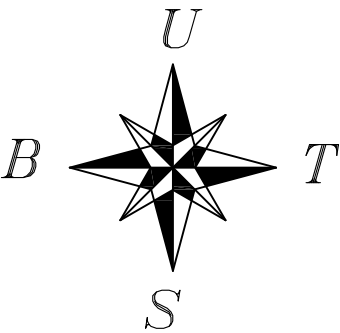
DAFTAR GAMBAR PERENCANAAN

NO	JENIS GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO LEMBAR	NO	JENIS GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO GAMBAR
1	TAMPAK SELATAN	1 : 100	ARS	01	17	DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT LANTAI 3	1 : 80	STR	17
2	TAMPAK UTARA	1 : 100	ARS	02	18	DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT LANTAI PENTHOUSE DAN ATAP	1 : 80	STR	18
3	TAMPAK BARAT	1 : 100	ARS	03	19	DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT ATAP PENTHOUSE	1 : 80	STR	19
4	TAMPAK TIMUR	1 : 100	ARS	04	20	PENULANGAN PLAT LANTAI 2	1 : 80	STR	20
5	DENAH LANTAI 1	1 : 80	ARS	05	21	PENULANGAN PLAT LANTAI 3	1 : 80	STR	21
6	DENAH LANTAI 2	1 : 80	ARS	06	22	PENULANGAN PLAT LANTAI PENTHOUSE DAN ATAP	1 : 80	STR	22
7	DENAH LANTAI 3	1 : 80	ARS	07	23	PENULANGAN PLAT ATAP PENTHOUSE	1 : 80	STR	23
8	DENAH LANTAI PENTHOUSE DAN ATAP	1 : 80	ARS	08	24	DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE C	1 : 30	STR	24
9	POTONGAN 1-1	1 : 70	ARS	09	25	RENCANA TANGGA 1 PENULANGAN PLAT TANGGA 1	1 : 50	STR	25
10	POTONGAN 2-2	1 : 70	ARS	10	26	POTONGAN TANGGA 1 DETAIL TANGGA 1	1 : 50 1 : 10	STR	26
11	DENAH SLOOF DAN PONDASI	1 : 80	STR	11	27	RENCANA TANGGA 2 PENULANGAN PLAT TANGGA 2	1 : 40	STR	27
12	DENAH KOLOM LANTAI 1	1 : 80	STR	12	28	POTONGAN TANGGA 2 DETAIL TANGGA 2	1 : 40 1 : 10	STR	28
13	DENAH KOLOM LANTAI 2	1 : 80	STR	13	29	PORTAL MEMANJANG AS - 8	1 : 70	STR	29
14	DENAH KOLOM LANTAI 3	1 : 80	STR	14	30	DETAIL PORTAL AS-8	1 : 50	STR	30
15	DENAH KOLOM LANTAI PENTHOUSE	1 : 80	STR	15	31	TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS - 8	1 : 10	STR	31
16	DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT LANTAI 2	1 : 80	STR	16	32	TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS - 8	1 : 10	STR	32



DAFTAR GAMBAR PERENCANAAN

NO	JENIS GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO GAMBAR	NO	JENIS GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO GAMBAR
33	TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-8 TABEL PENULANGAN BALOK BORDES	1 : 10	STR	33	49	DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE C dan D	1 : 30	STR	R.24
34	TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS-8	1 : 10	STR	34	50	RENCANA TANGGA 1 PENULANGAN PLAT TANGGA 1	1 : 30	STR	R.25
35	PORTAL MELINTANG AS - A	1 : 70	STR	35	51	POTONGAN TANGGA 1 DETAIL TANGGA 1	1 : 40 1 : 10	STR	R.26
36	DETAIL PORTAL AS-A	1 : 50	STR	36	52	RENCANA TANGGA 2 PENULANGAN PLAT TANGGA 2	1 : 25	STR	R.27
37	TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS - A	1 : 10	STR	37	53	POTONGAN TANGGA 2 DETAIL TANGGA 2	1 : 25 1 : 10	STR	R.28
38	TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-A	1 : 10	STR	38	54	PORTAL MEMANJANG AS - 8	1 : 70	STR	R.29
39	TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS-A	1 : 10	STR	39	55	DETAIL PORTAL AS-8	1 : 50	STR	R.30
40	DETAIL PONDASI 1	1 : 10	STR	40	56	TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS - 8	1 : 10	STR	R.31
41	DETAIL PONDASI 2	1 : 10	STR	41	57	TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS - 8	1 : 10	STR	R.32
42	POTONGAN 1-1	1 : 70	ARS	R.9	58	TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-8 TABEL PENULANGAN BALOK BORDES	1 : 10	STR	R.33
43	POTONGAN 2-2	1 : 70	ARS	R.10	59	TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS-8	1 : 10	STR	R.34
44	DENAH SLOOF DAN PONDASI	1 : 80	STR	R.11	60	PORTAL MELINTANG AS - A	1 : 70	STR	R.35
45	PENULANGAN PLAT LANTAI 2	1 : 80	STR	R.20	61	DETAIL PORTAL AS-A	1 : 50	STR	R.36
46	PENULANGAN PLAT LANTAI 3	1 : 80	STR	R.21	62	TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS - A	1 : 10	STR	R.37
47	PENULANGAN PLAT LANTAI PENTHOUSE DAN ATAP	1 : 80	STR	R.22	63	TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-A	1 : 10	STR	R.38
48	PENULANGAN PLAT ATAP PENTHOUSE	1 : 80	STR	R.23	64	TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS-A	1 : 10	STR	R.39



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

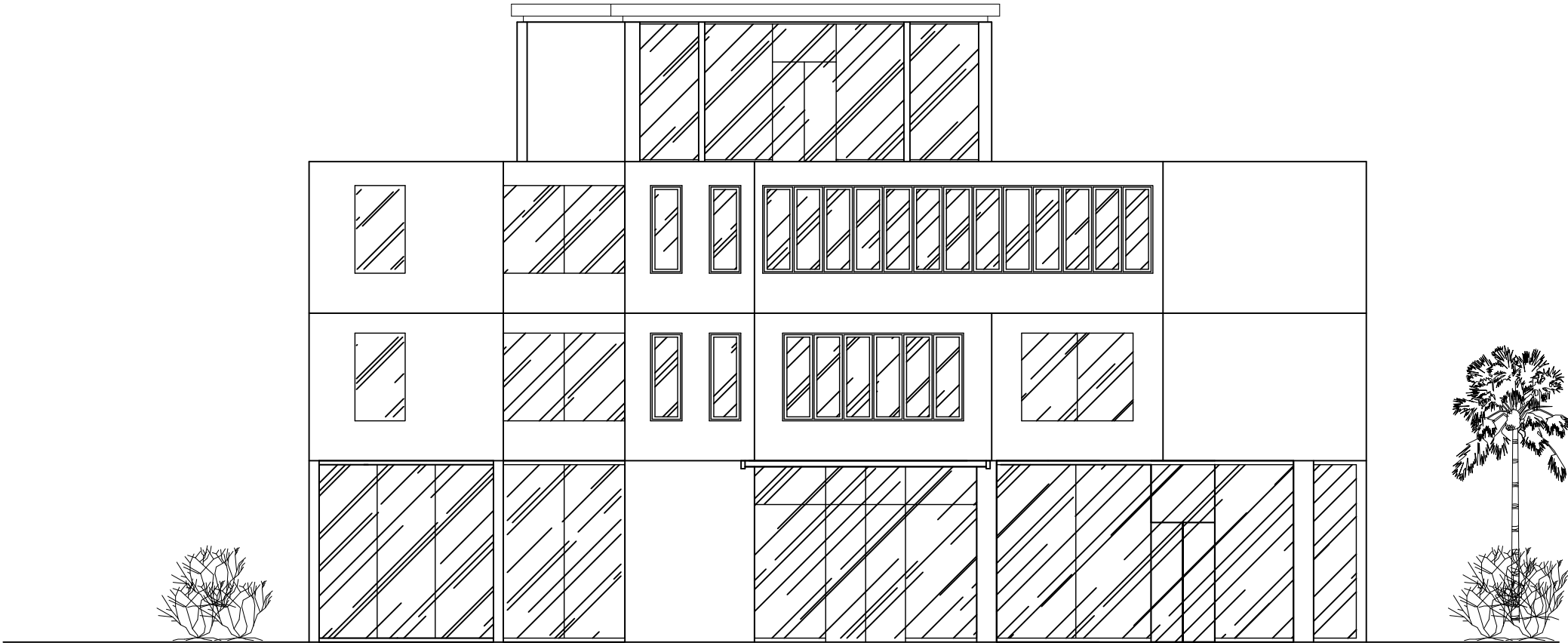
YUDITH VEMMY NRP. 3111030007	ADELIA MUNAWAROH NRP. 3111030038
---------------------------------	-------------------------------------

JUDUL	SKALA
-------	-------

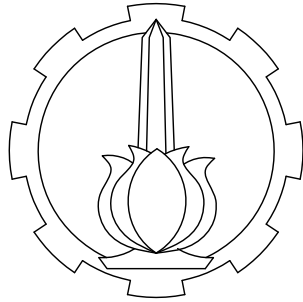
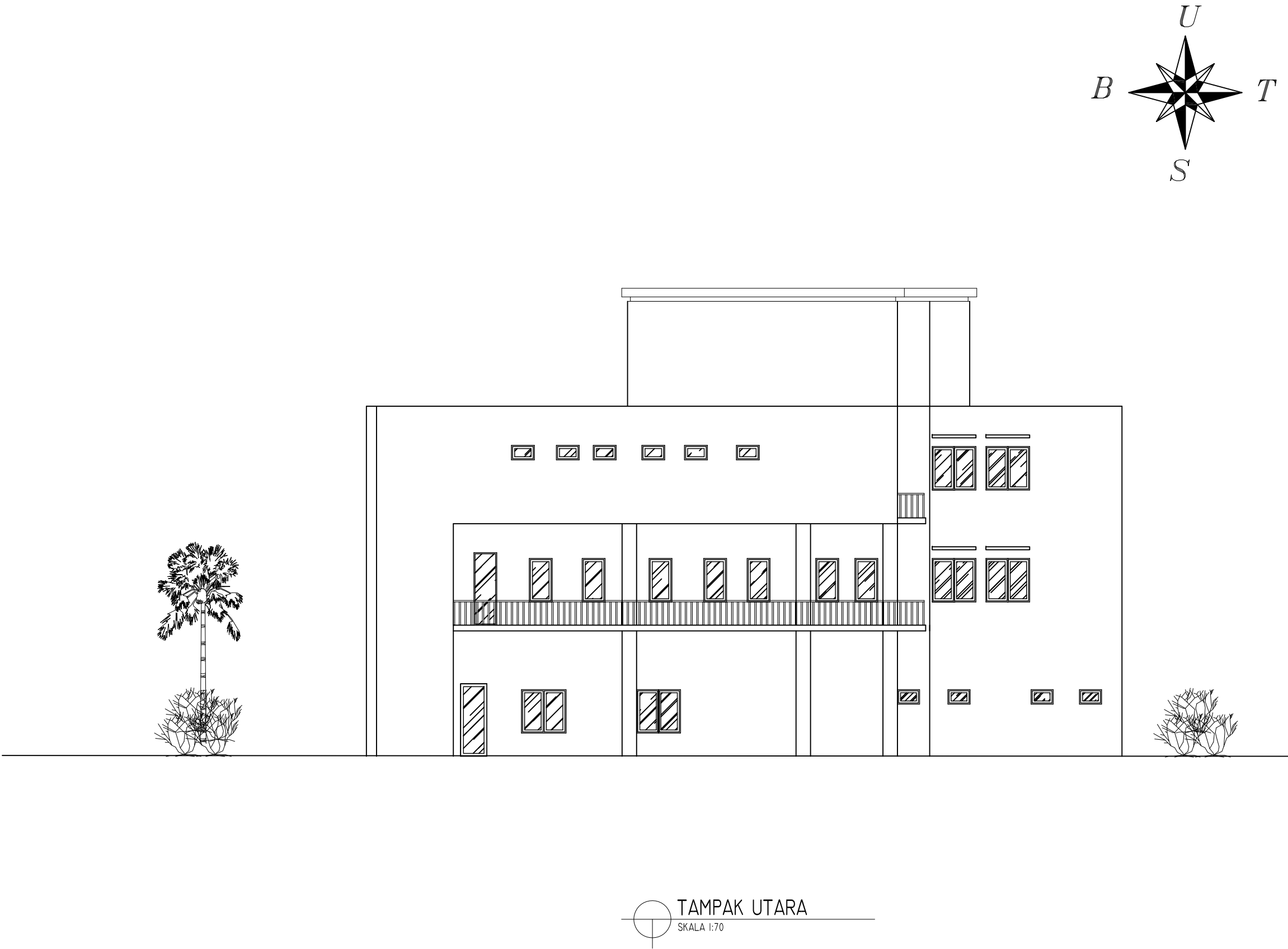
Tampak Selatan	1 : 70
----------------	--------

KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------	-----------	---------------

ARS	1	
-----	---	--



TAMPAK SELATAN
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

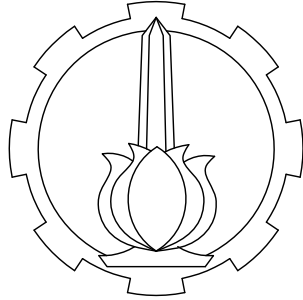
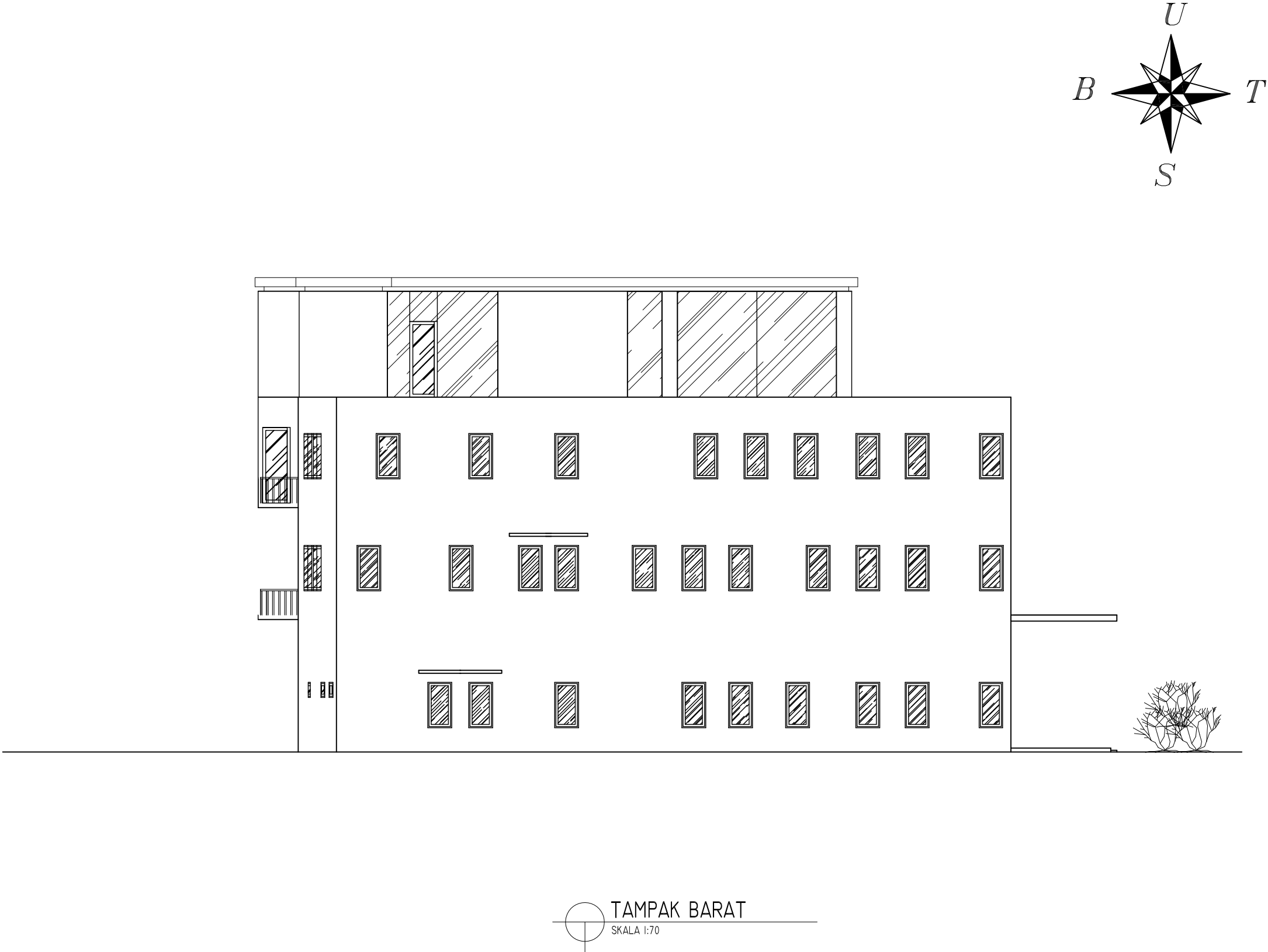
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY NRP. 3111030007	ADELIA MUNAWAROH NRP. 3111030038
---------------------------------	-------------------------------------

JUDUL		SKALA
TAMPAK UTARA		1 : 70
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	2	



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

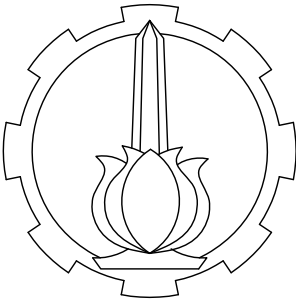
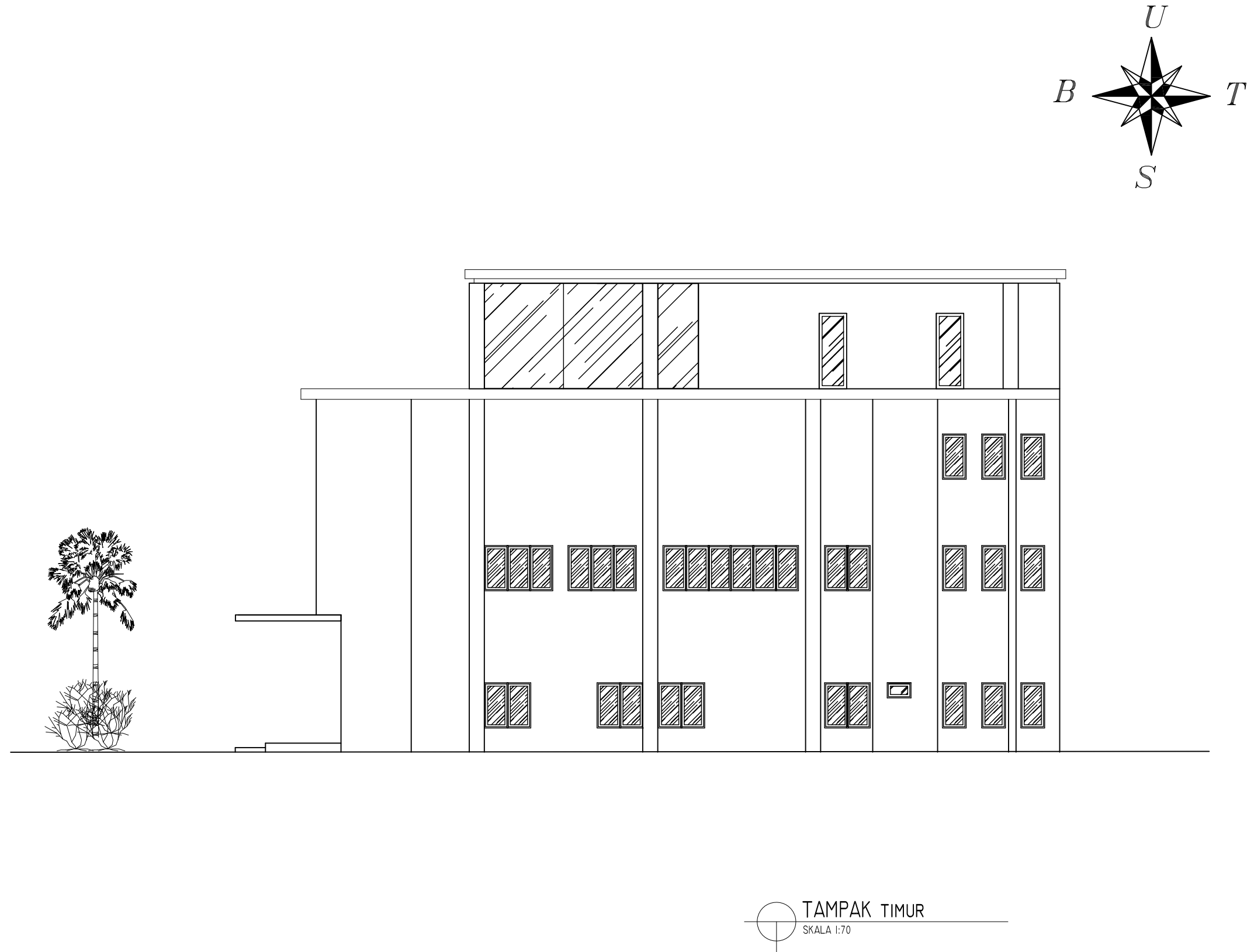
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY NRP. 3111030007	ADELIA MUNAWAROH NRP. 3111030038
---------------------------------	-------------------------------------

JUDUL		SKALA
TAMPAK BARAT		1 : 70
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	3	



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TAMPAK TIMUR

1 : 70

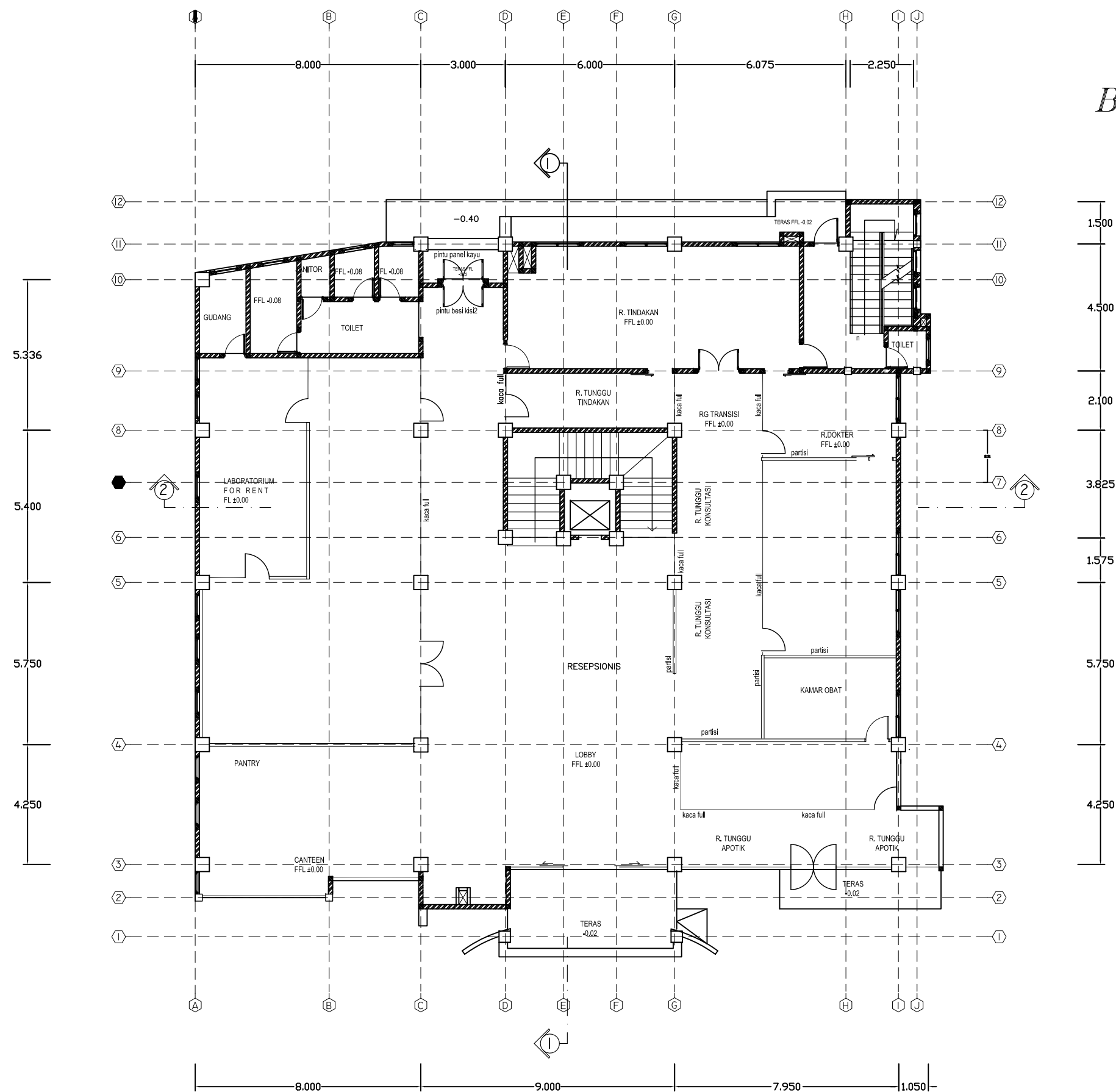
KODE

NO
LEMBAR

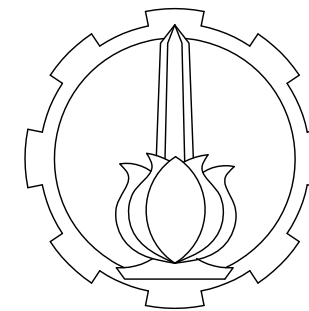
JUMLAH
LEMBAR

ARS

4



DENAH LANTAI I
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

Denah Lantai 1

1 : 80

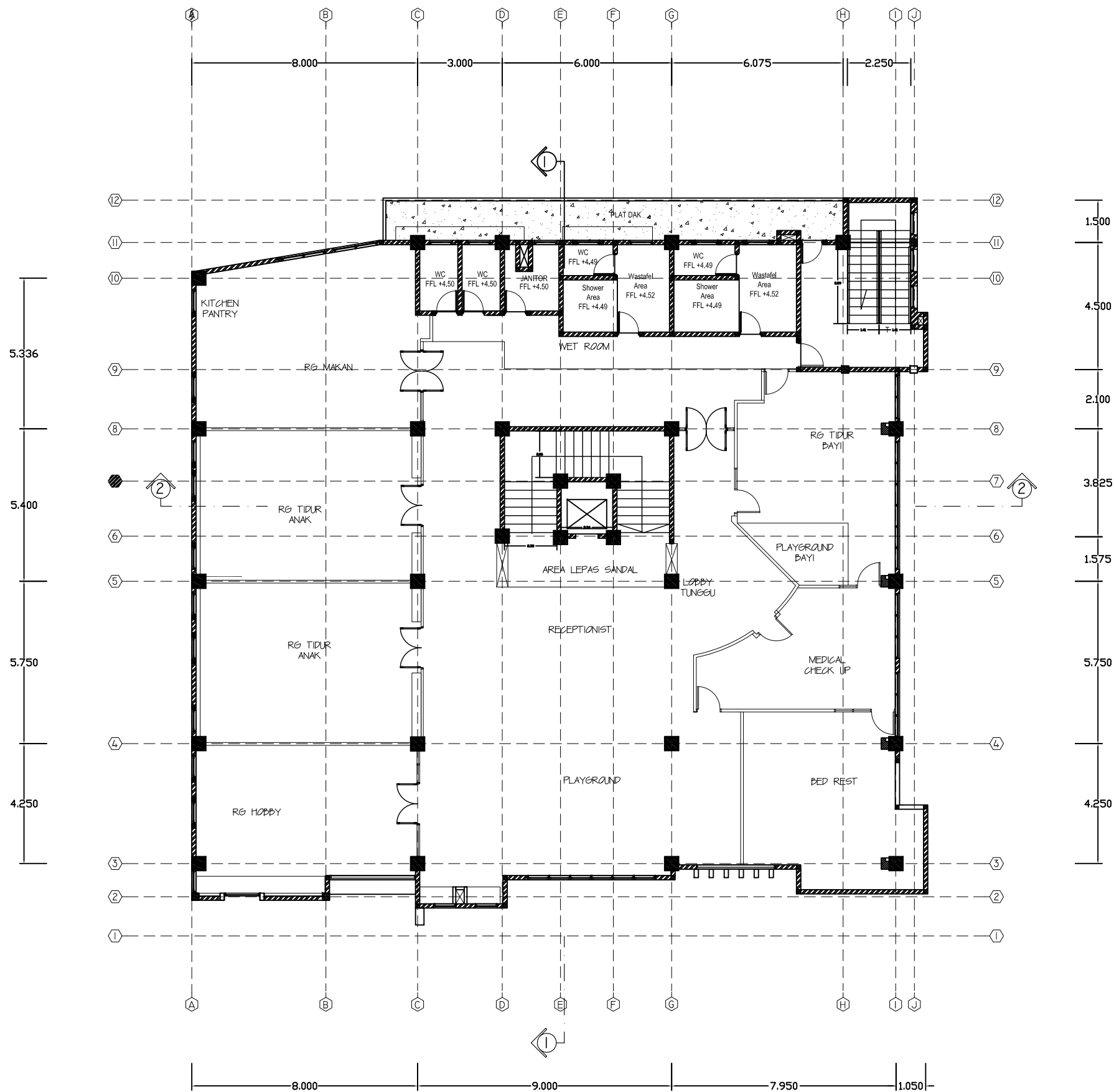
KODE

NO
LEMBAR

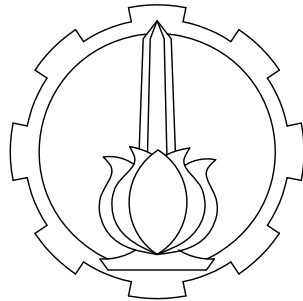
JUMLAH
LEMBAR

ARS

5



DENAH LANTAI 2
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

Denah Lantai 2

1 : 80

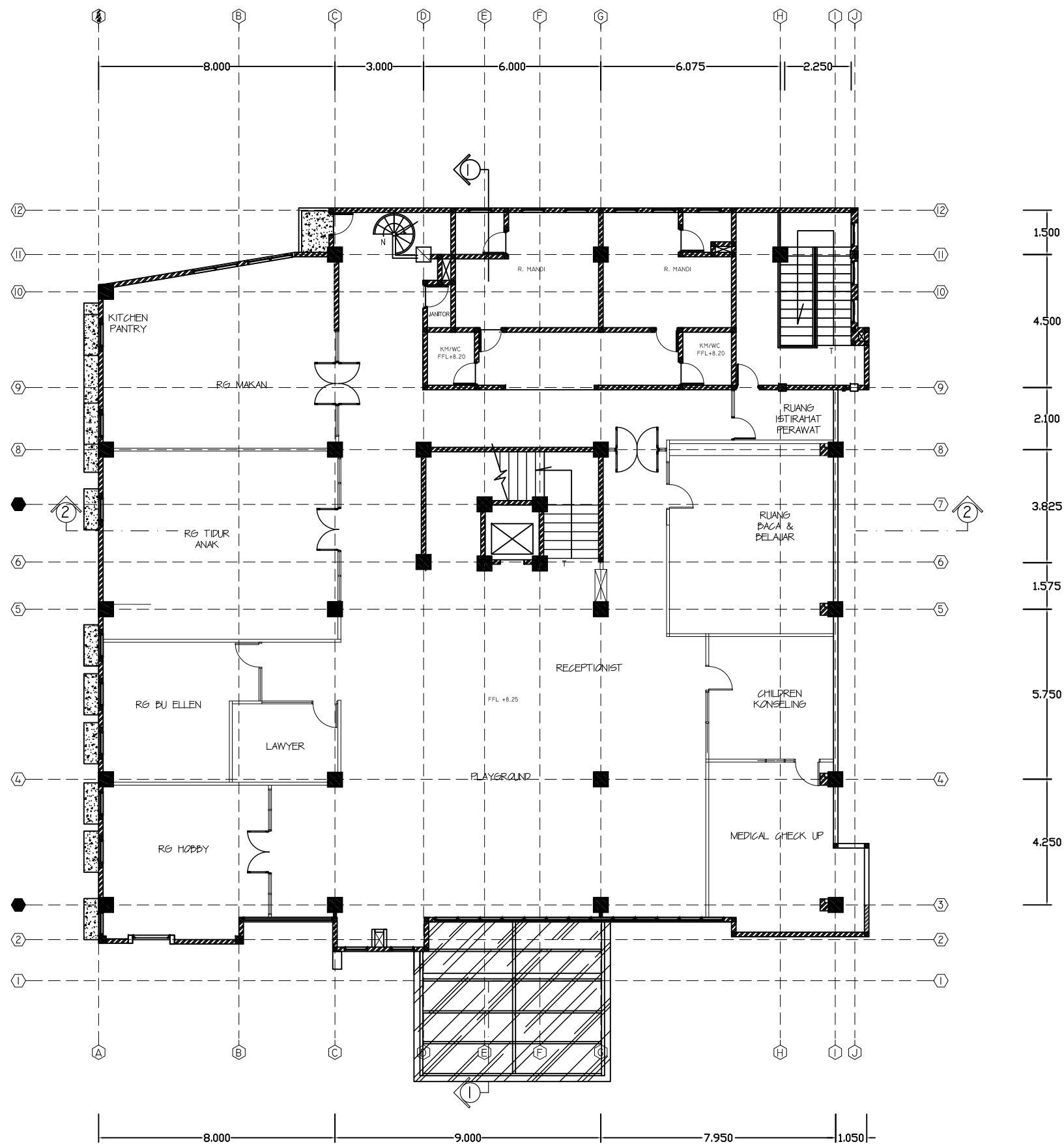
KODE

NO
LEMBAR

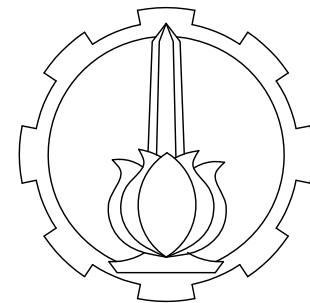
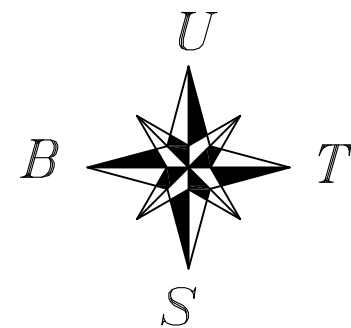
JUMLAH
LEMBAR

ARS

6



DENAH LANTAI 3
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

Denah Lantai 3

1 : 80

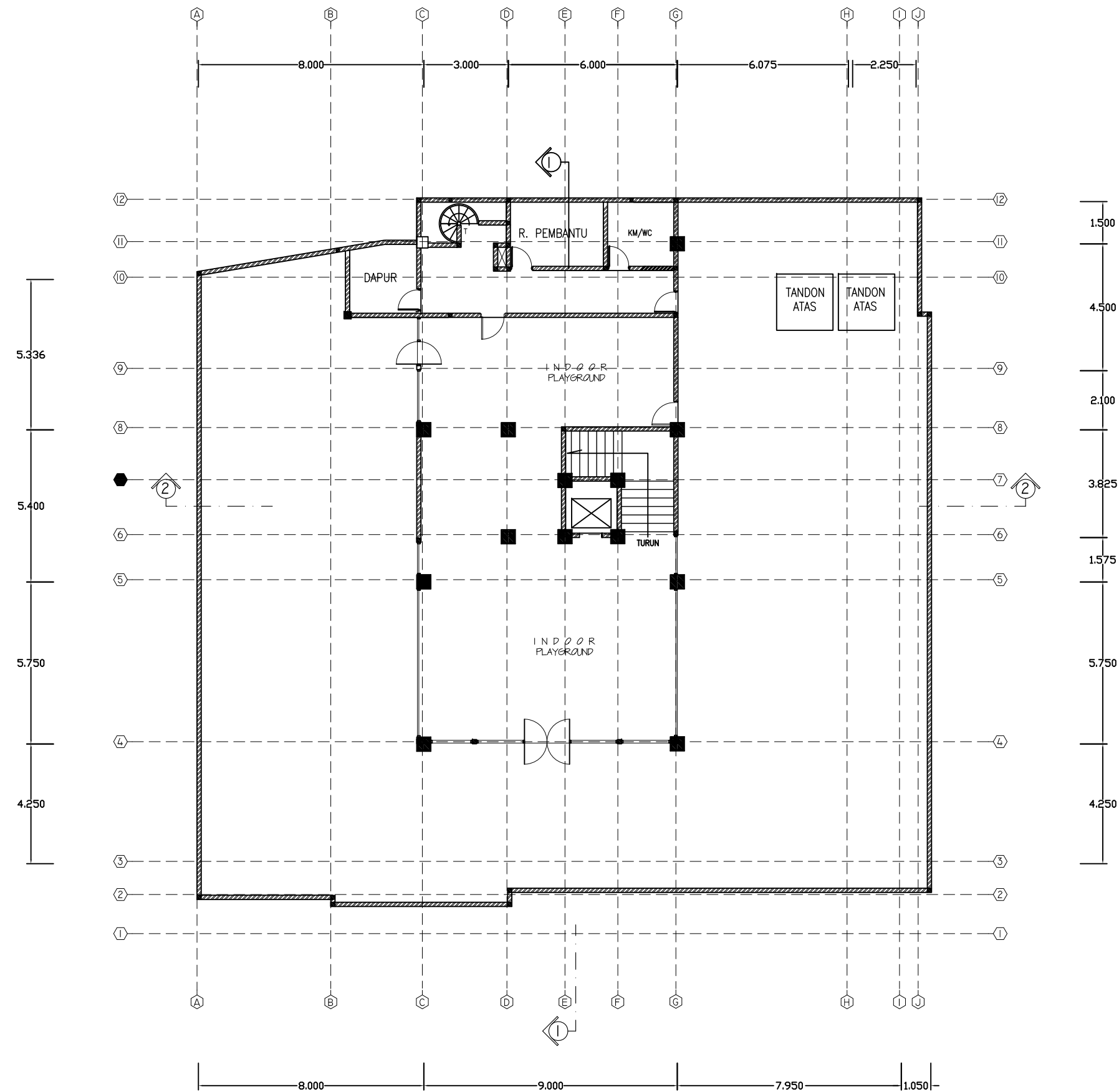
KODE

NO
LEMBAR

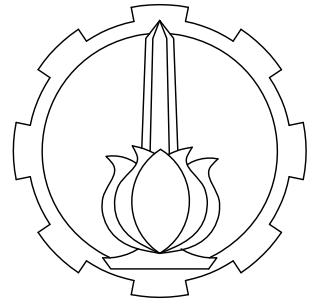
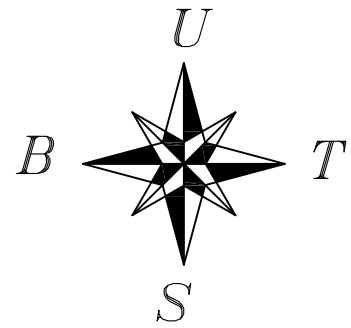
JUMLAH
LEMBAR

ARS

7



 **DENAH LANTAI PENTHOUSE DAN ATAP**
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

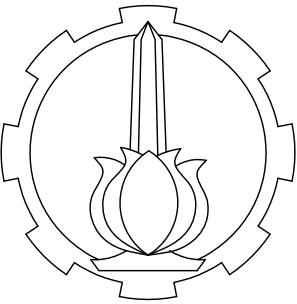
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY NRP. 3111030007	ADELIA MUNAWAROH NRP. 3111030038
---------------------------------	-------------------------------------

JUDUL		SKALA
Denah Lantai Penthouse dan Atap		1 : 80
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	8	



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

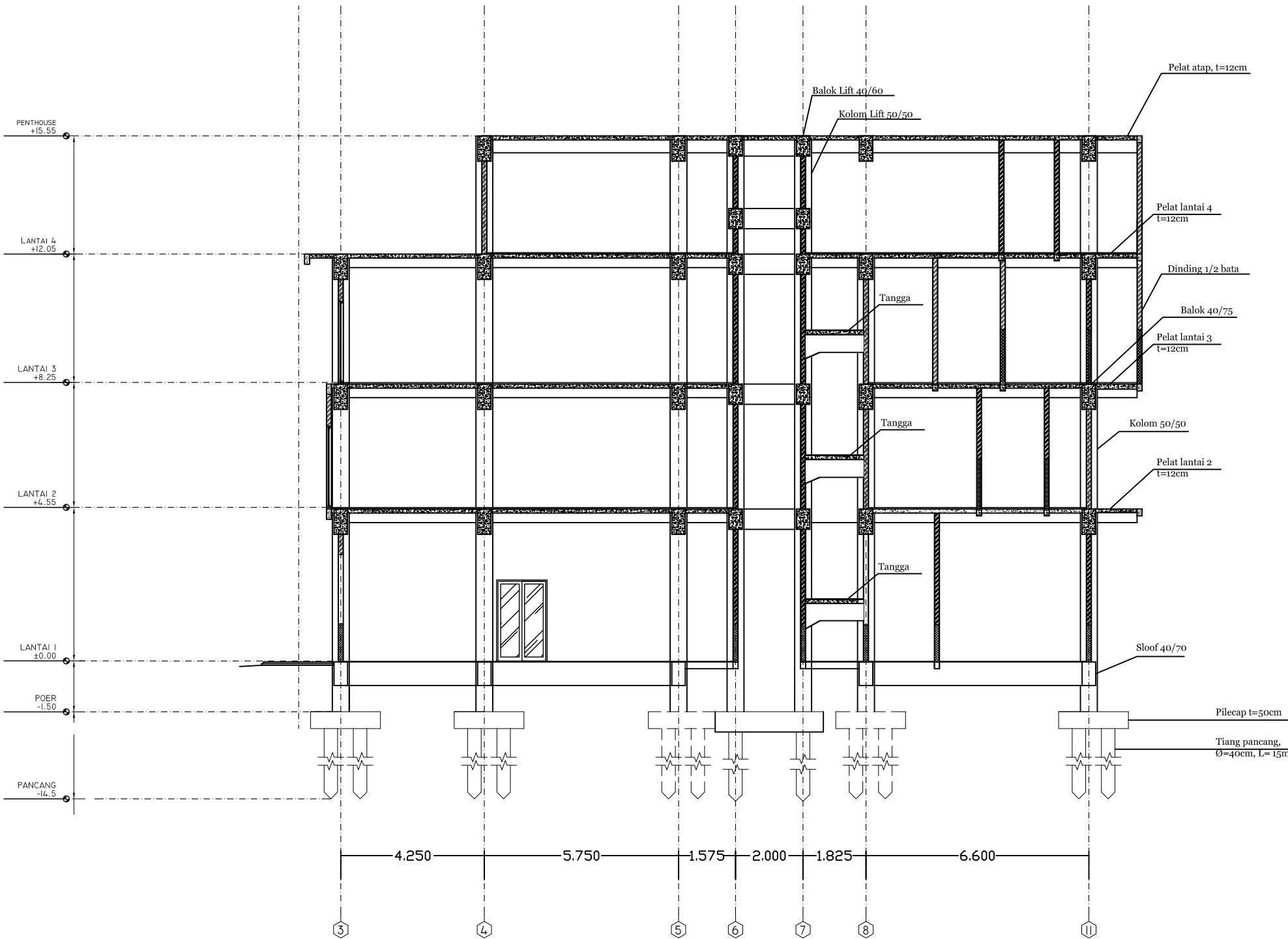
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

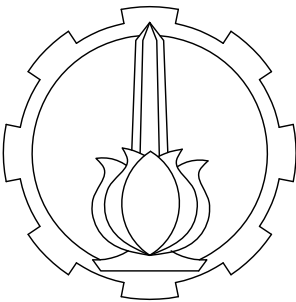
MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDUL		SKALA
POTONGAN 1-1		1 : 70
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	R.9	



POTONGAN I-I
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

POTONGAN 2-2

1 : 70

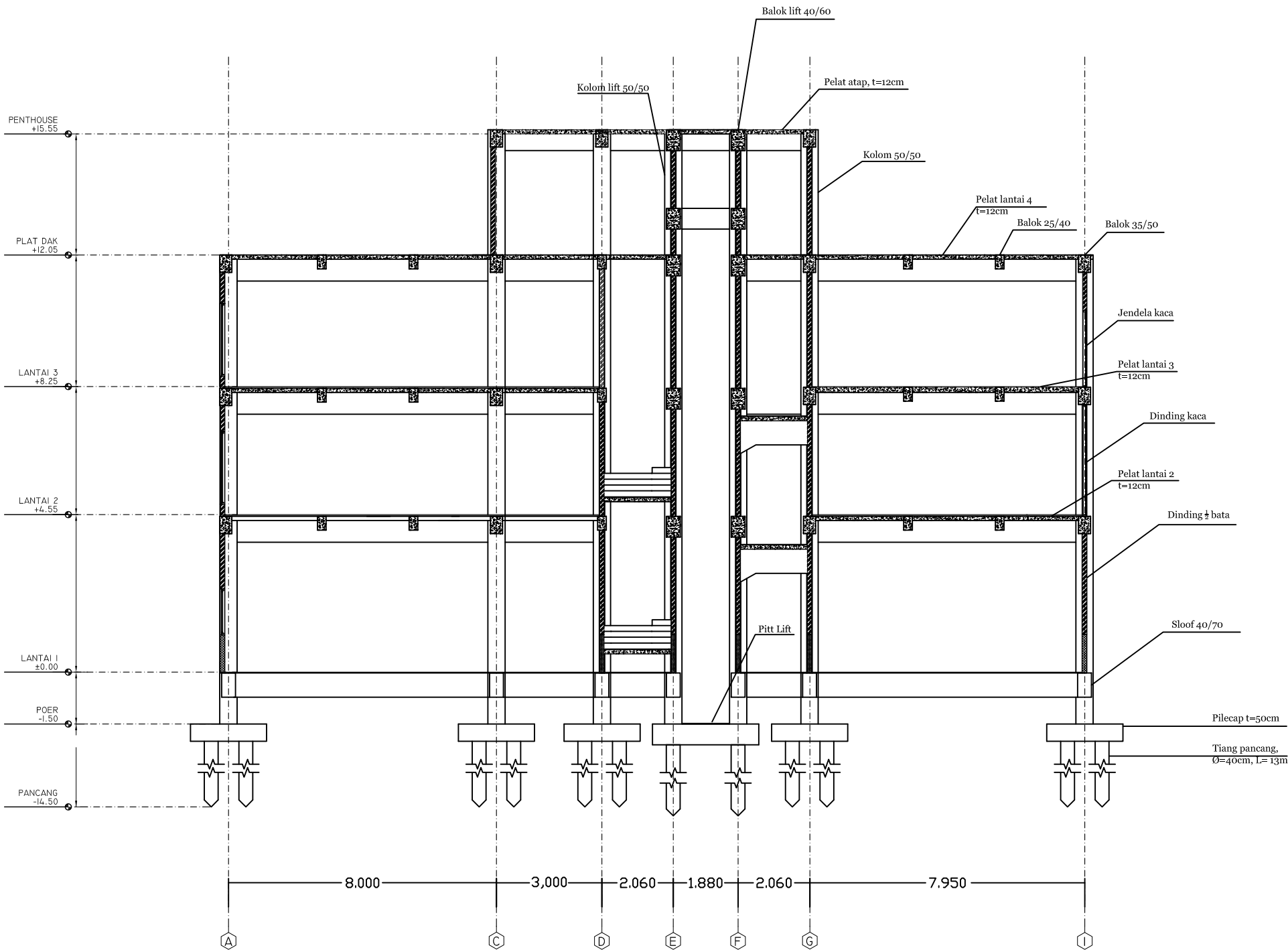
KODE

NO
LEMBAR

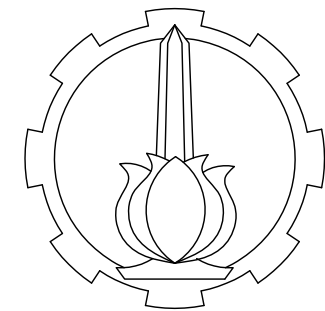
JUMLAH
LEMBAR

ARS

R.10



POTONGAN 2-2
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DENAH SLOOF DAN
PONDASI

1 : 80

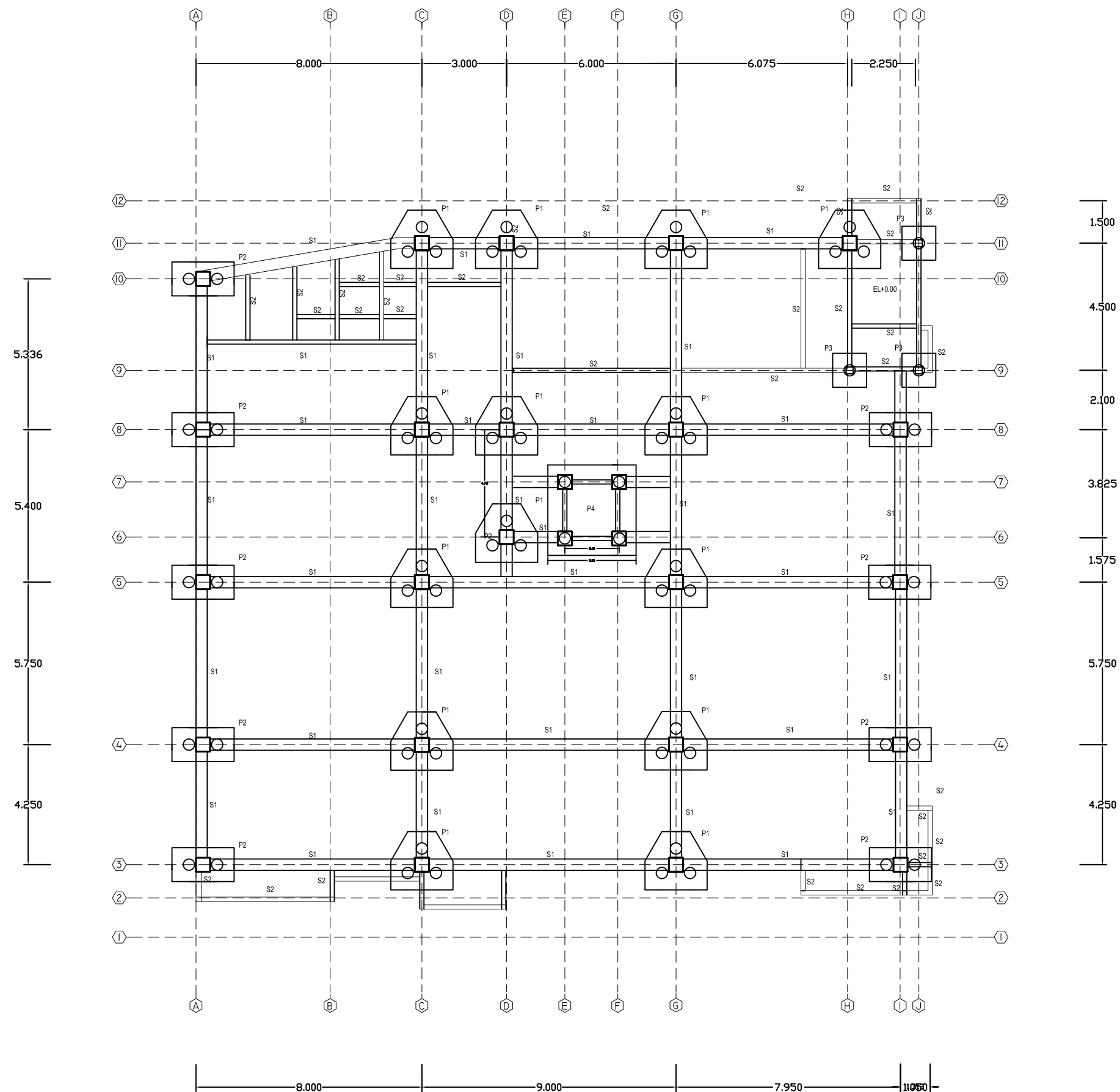
KODE

NO
LEMBAR

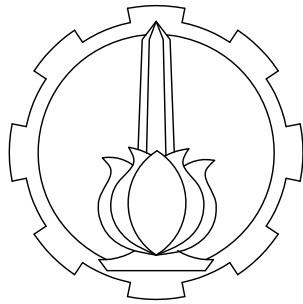
JUMLAH
LEMBAR

STR

R.11



DENAH SLOOF DAN PONDASI
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

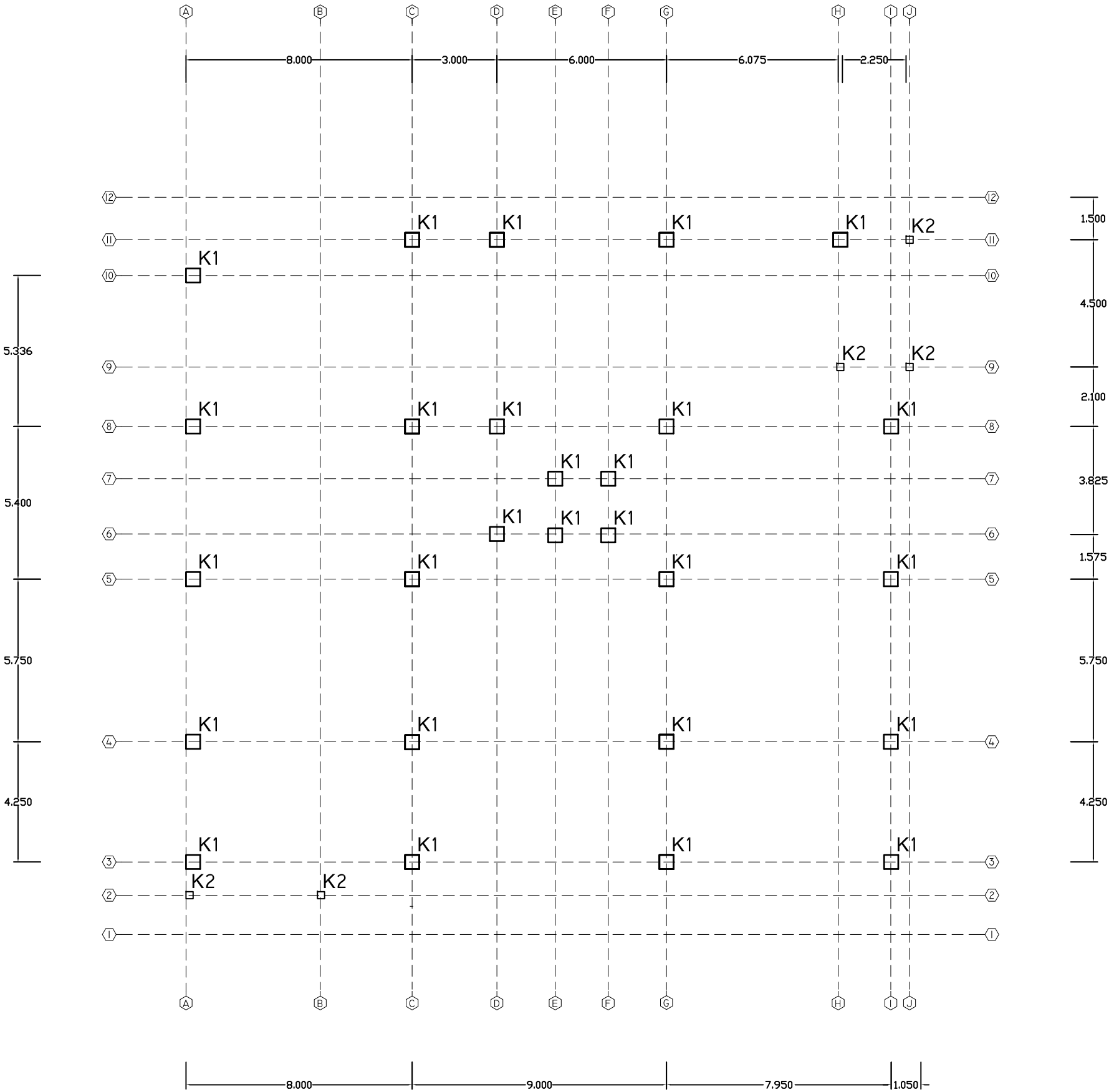
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

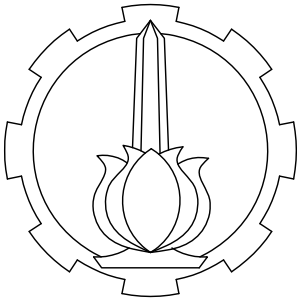
MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDUL		SKALA
DENAH KOLOM LANTAI 1		1 : 80
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	12	



DENAH KOLOM LANTAI I
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DENAH KOLOM LANTAI 2

1 : 80

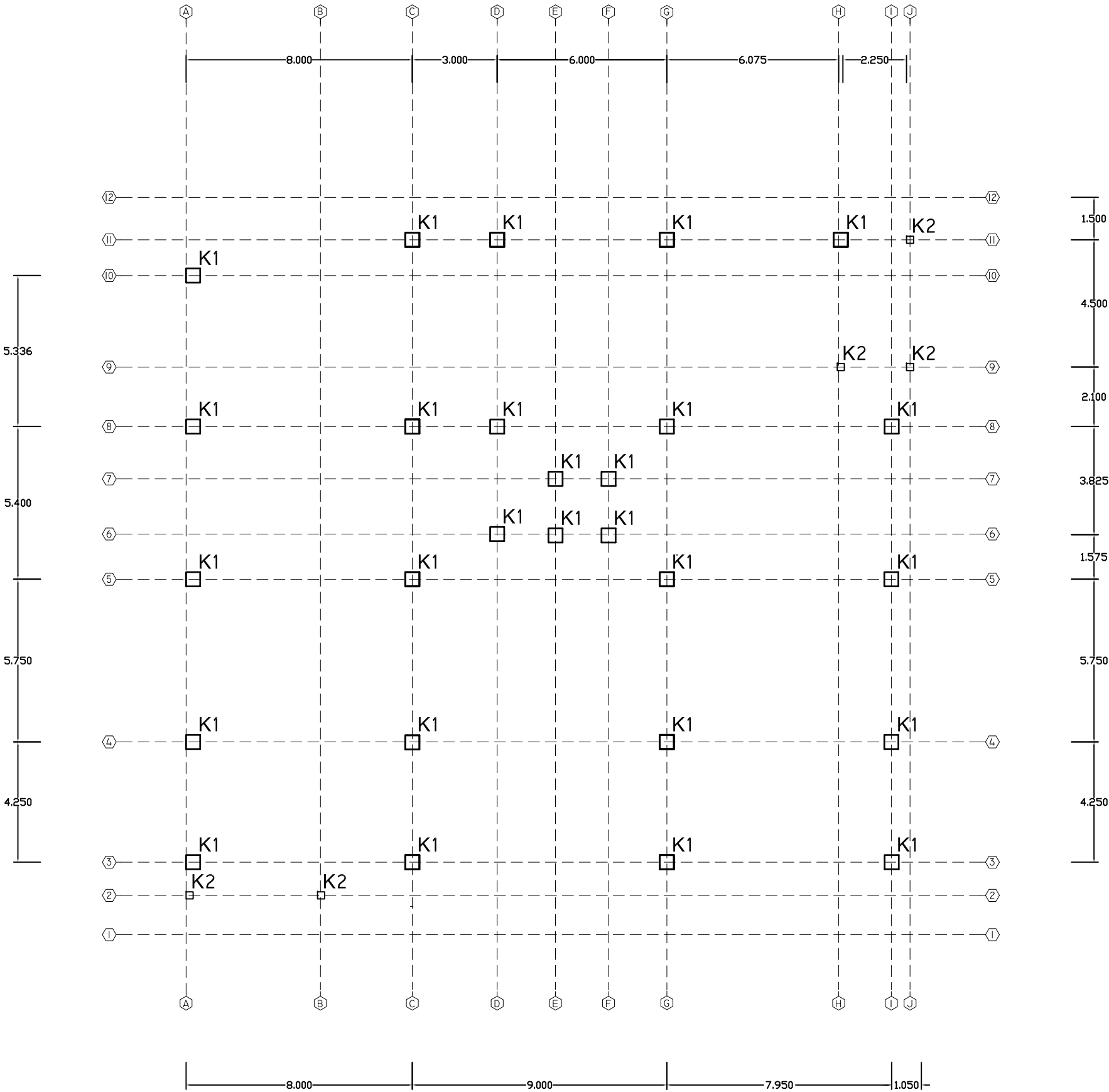
KODE

NO
LEMBAR

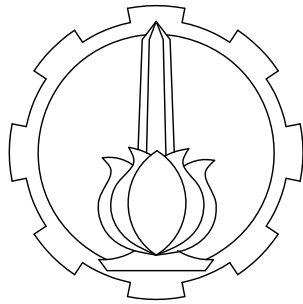
JUMLAH
LEMBAR

STR

13



DENAH KOLOM LANTAI 2
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

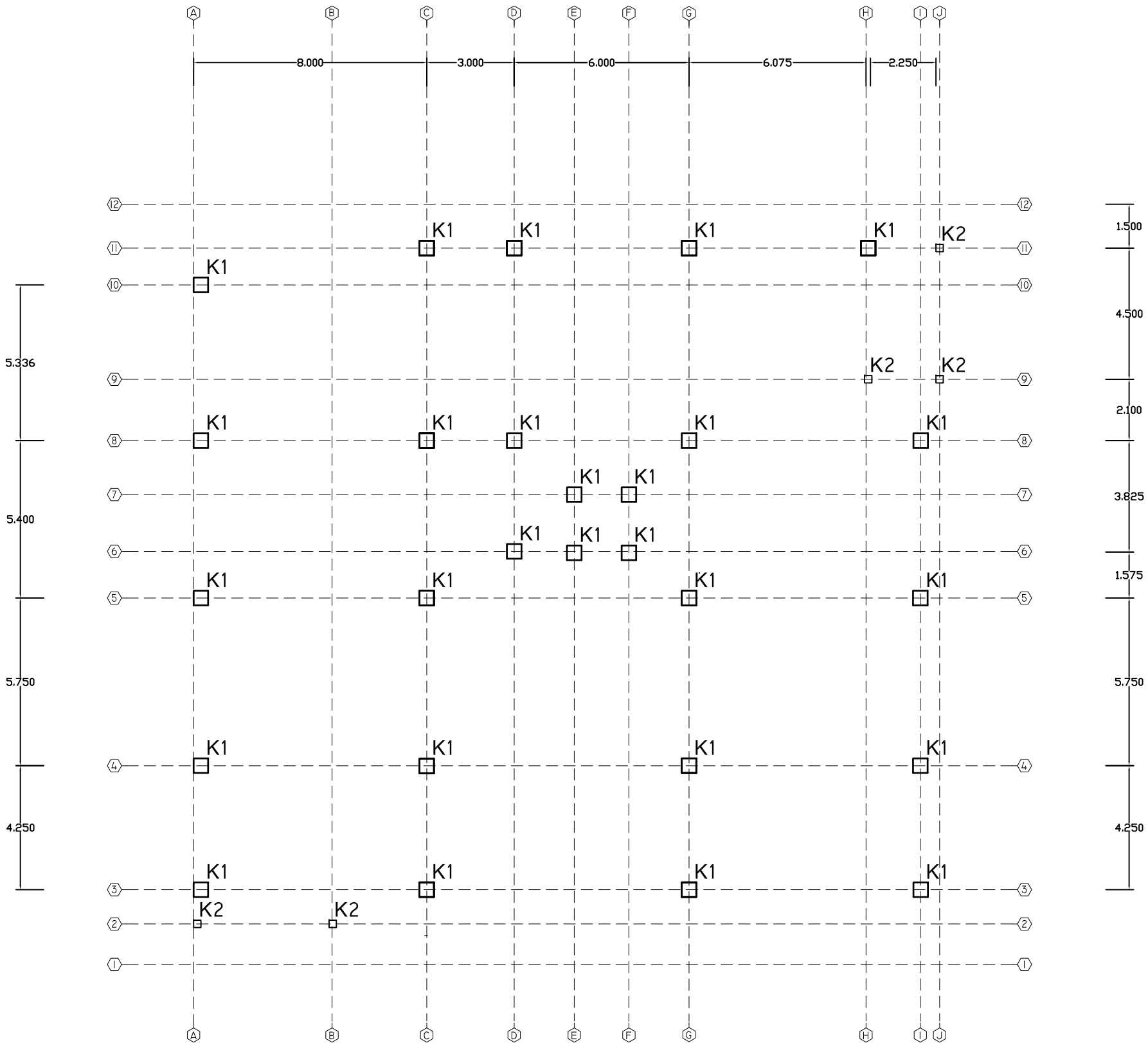
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

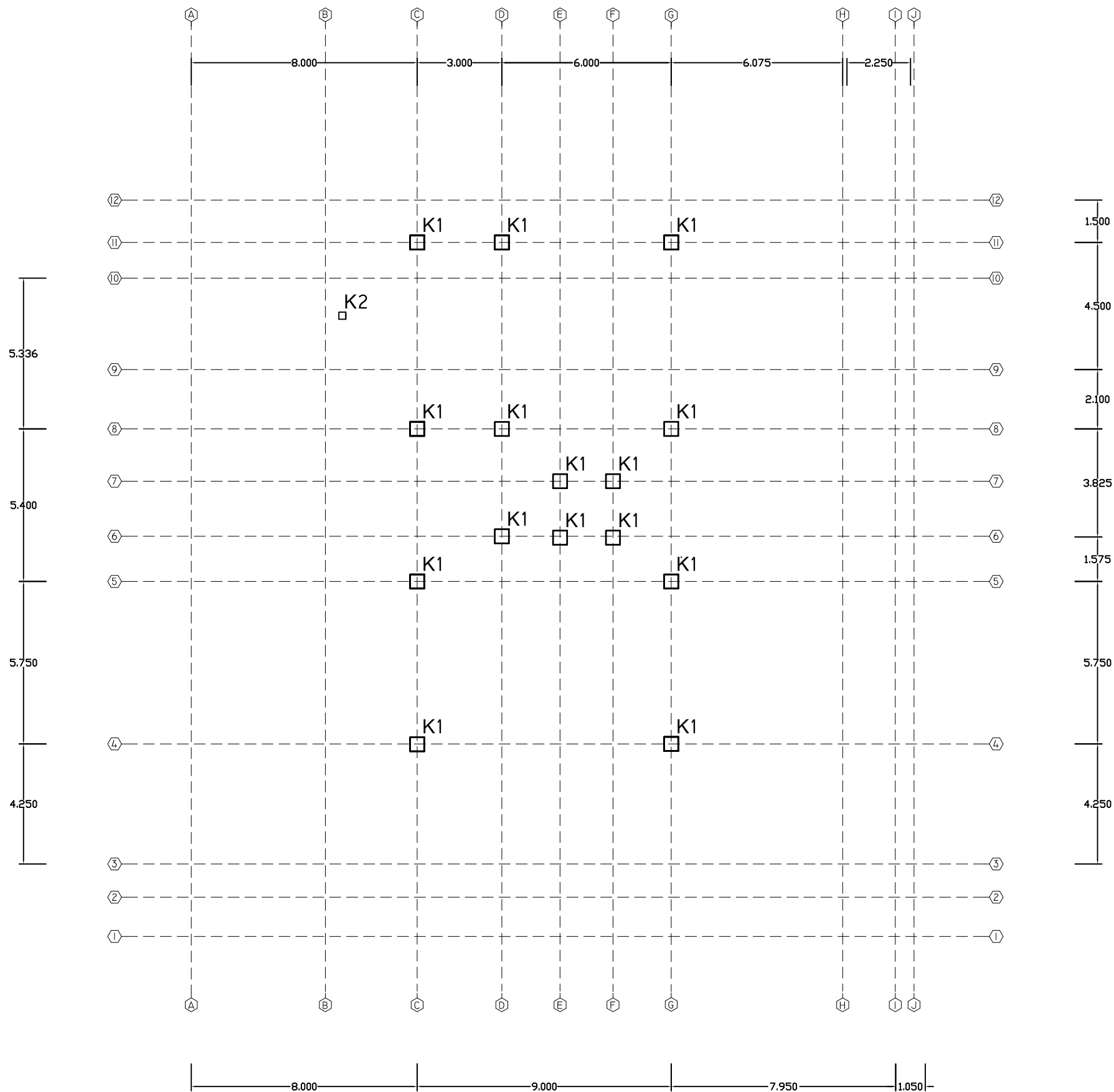
MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

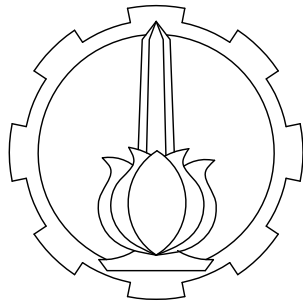
JUDUL		SKALA
DENAH KOLOM LANTAI 3		1 : 80
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	14	



DENAH KOLOM LANTAI 3
SKALA 1:80



DENAH KOLOM LANTAI PENTHOUSE
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DENAH KOLOM LANTAI
PENTHOUSE

1 : 80

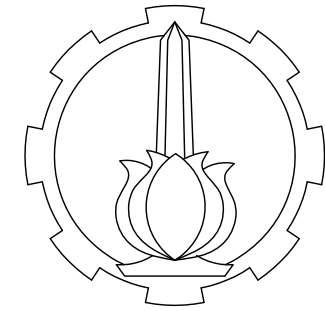
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

15



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DENAH PEMBALOKAN DAN
PLAT LANTAI 2

1 : 80

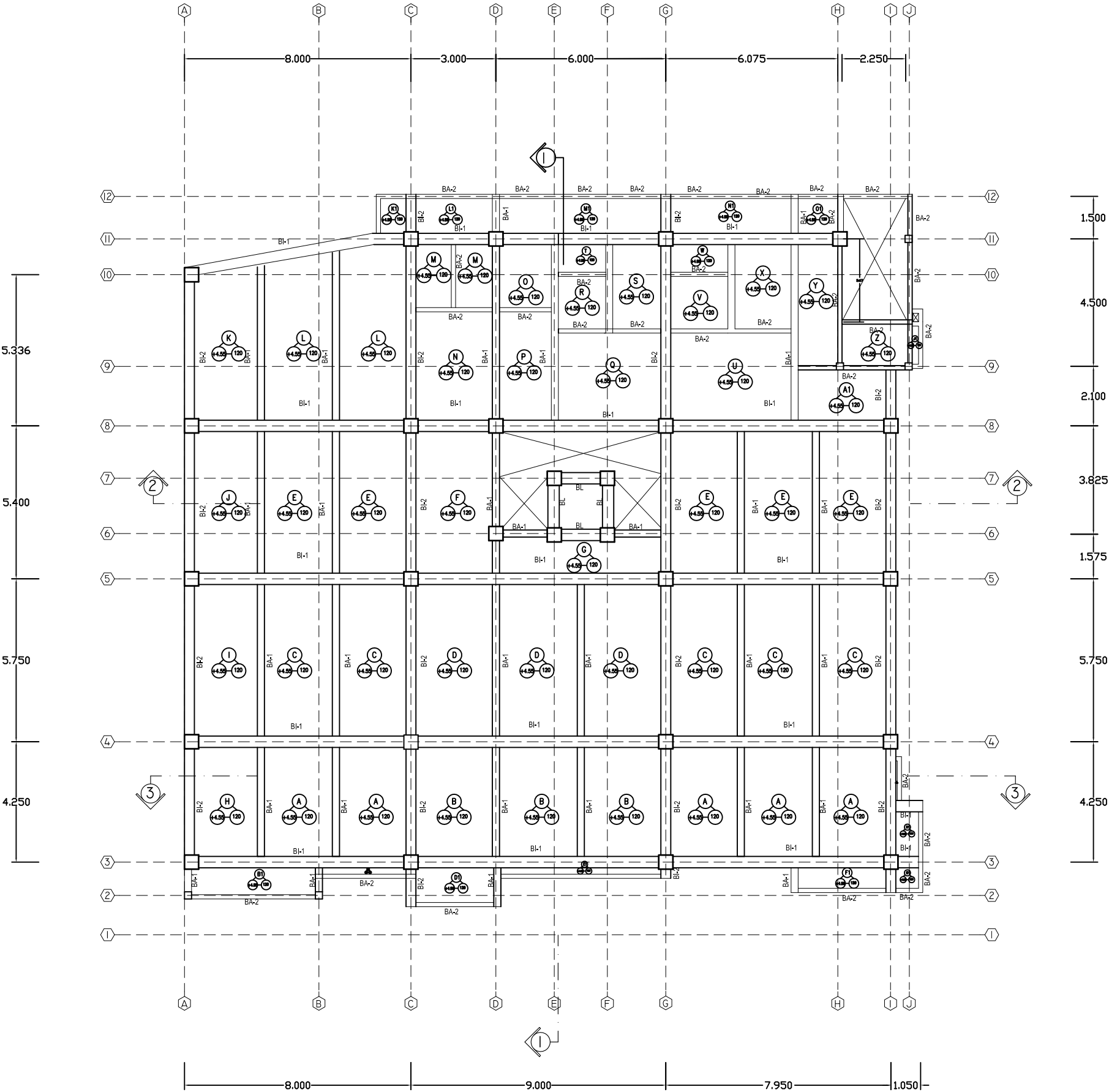
KODE

NO
LEMBAR

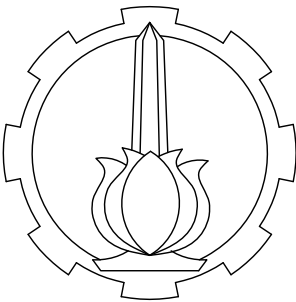
JUMLAH
LEMBAR

STR

16



DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT LANTAI 2
SKALA 1:100



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DENAH PEMBALOKAN DAN
PLAT LANTAI 3

1 : 80

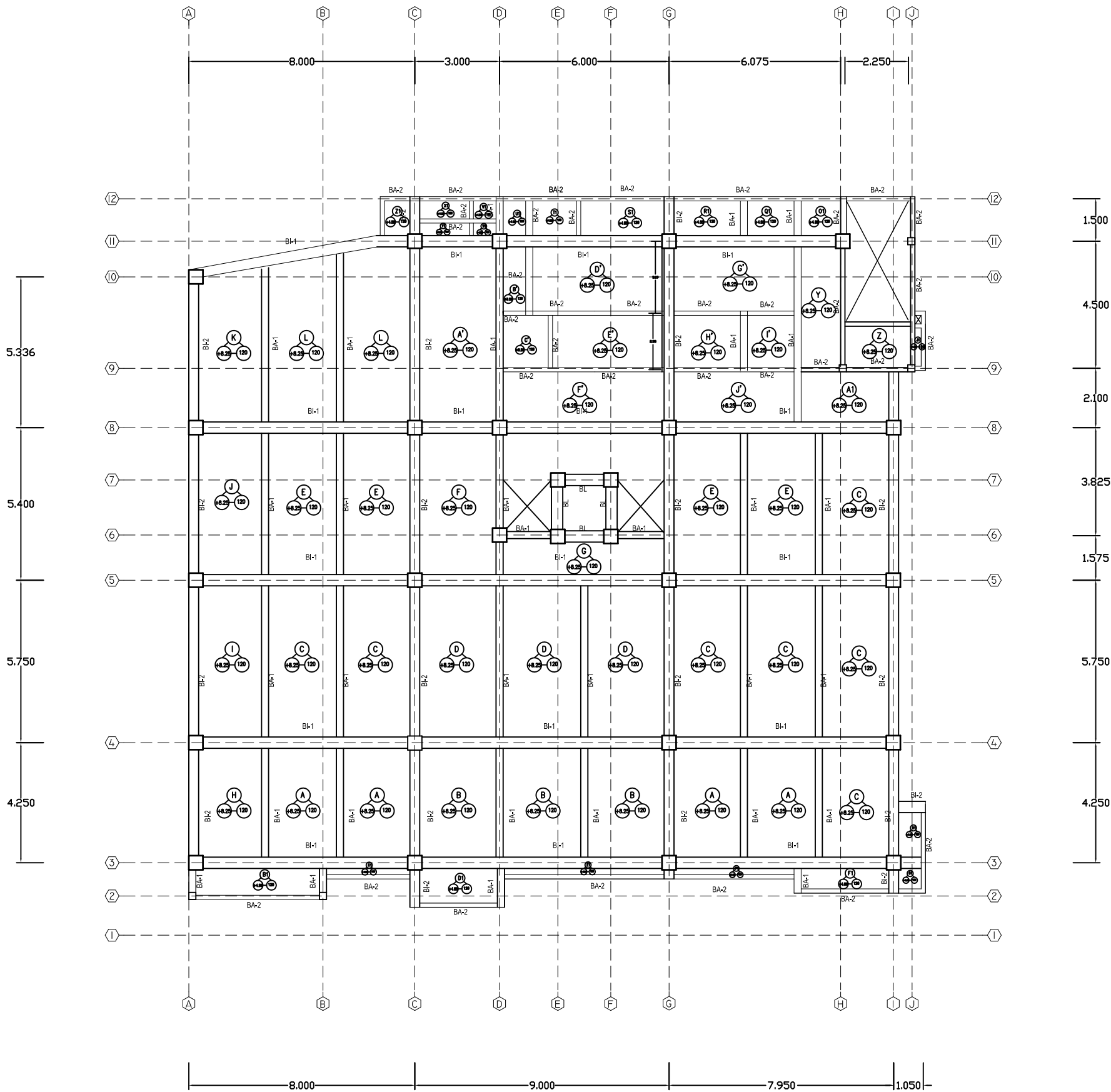
KODE

NO
LEMBAR

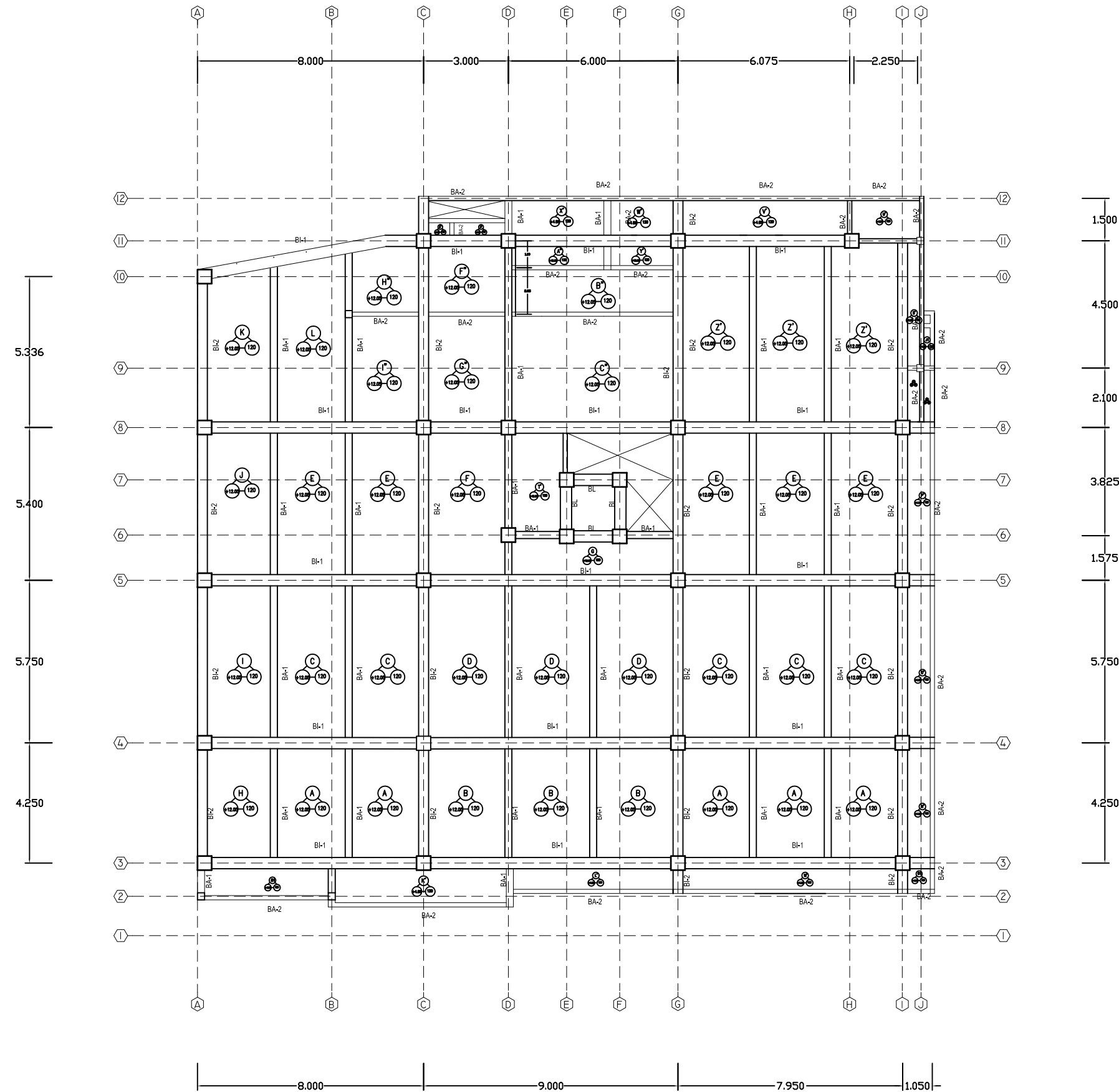
JUMLAH
LEMBAR

STR

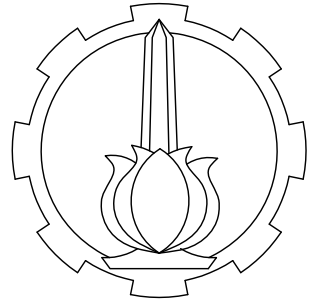
17



DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT LANTAI 3
SKALA 1:100



DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT LANTAI PENTHOUSE DAN ATAP
SKALA 1:100



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

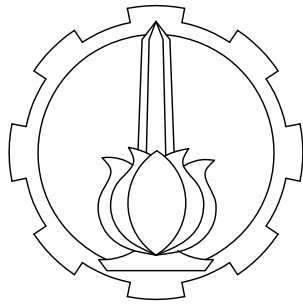
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY NRP. 3111030007	ADELIA MUNAWAROH NRP. 3111030038
---------------------------------	-------------------------------------

JUDUL		SKALA
DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT LANTAI PENTHOUSE DAN ATAP		1 : 80
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	18	



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

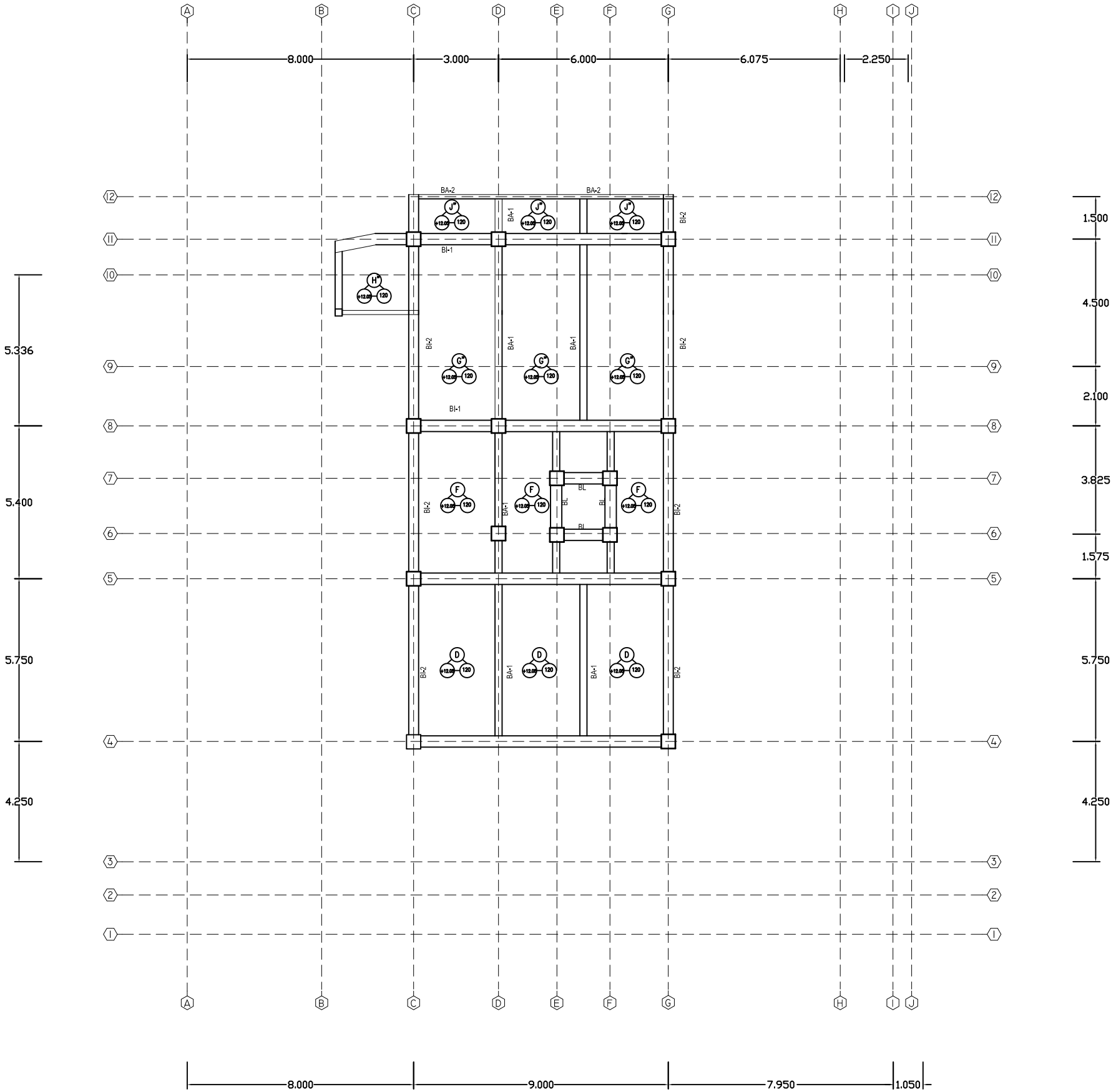
YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDUL	SKALA
-------	-------

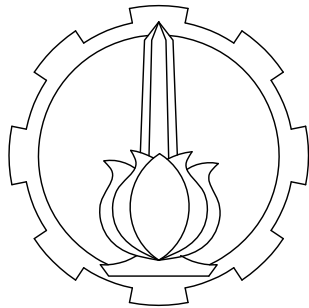
DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT ATAP PENTHOUSE	1 : 80
---	--------

KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------	--------------	------------------

STR	19	
-----	----	--



DENAH PEMBALOKAN DAN PLAT ATAP PENTHOUSE
SKALA 1:100



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

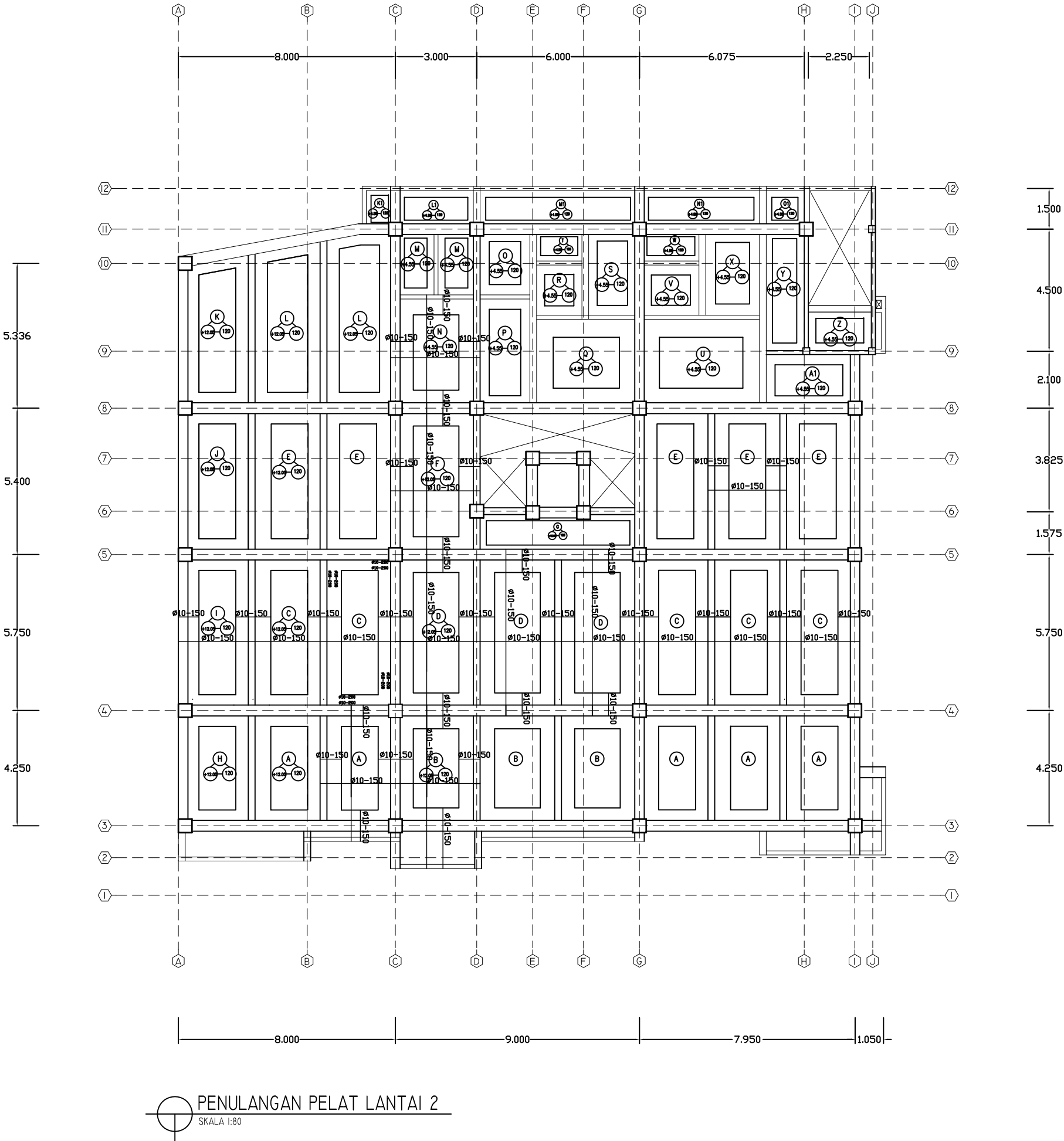
YUDITH VEMMY NRP. 3111030007	ADELIA MUNAWAROH NRP. 3111030038
---------------------------------	-------------------------------------

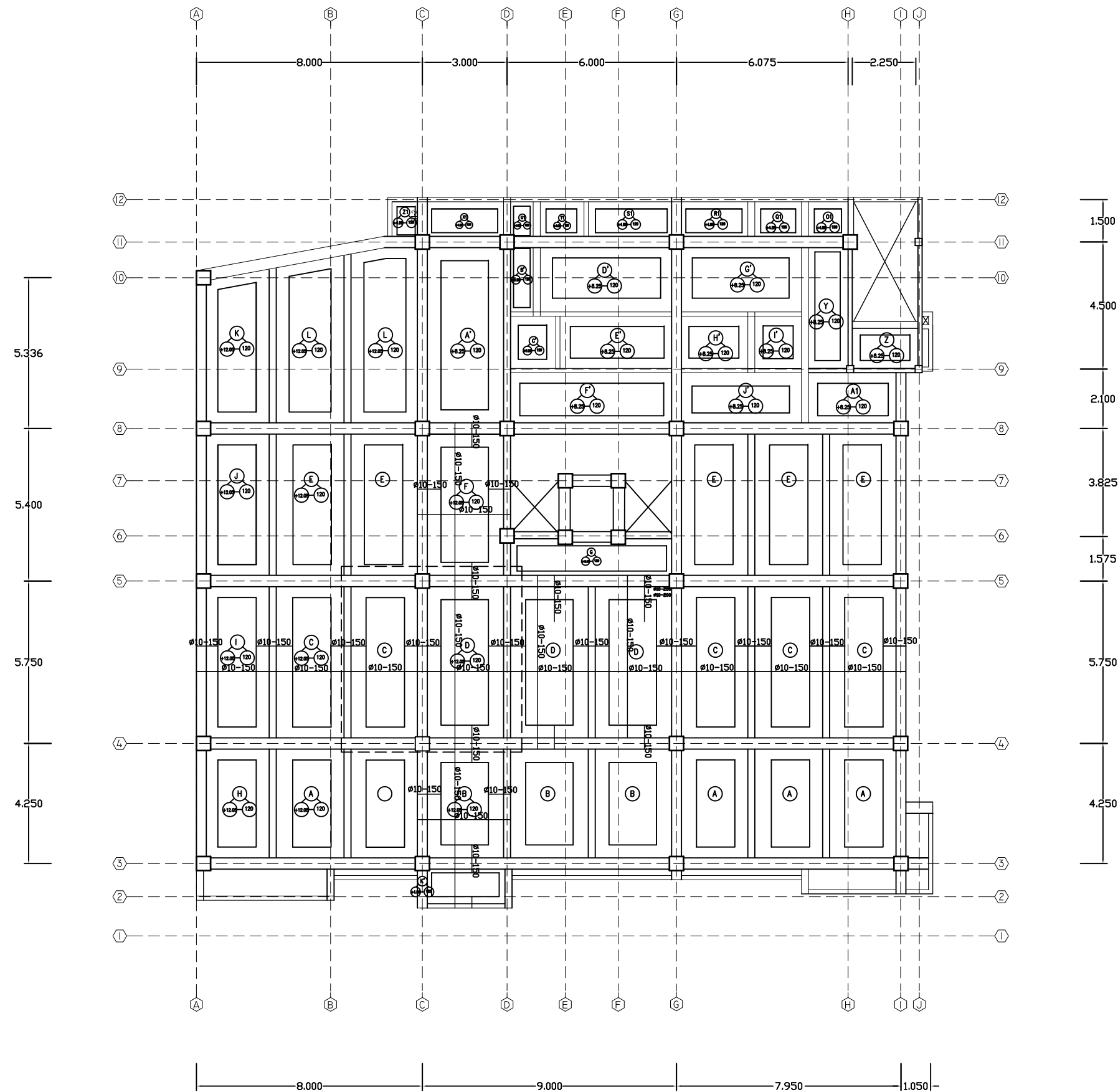
JUDUL	SKALA
-------	-------

PENULANGAN PLAT LANTAI 2	1 : 80
-----------------------------	--------

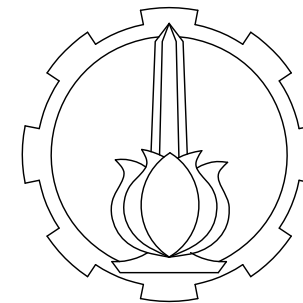
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------	--------------	------------------

STR	R.20	
-----	------	--





PENULANGAN PLAT LANTAI 3
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

PENULANGAN PLAT
LANTAI 3

1 : 80

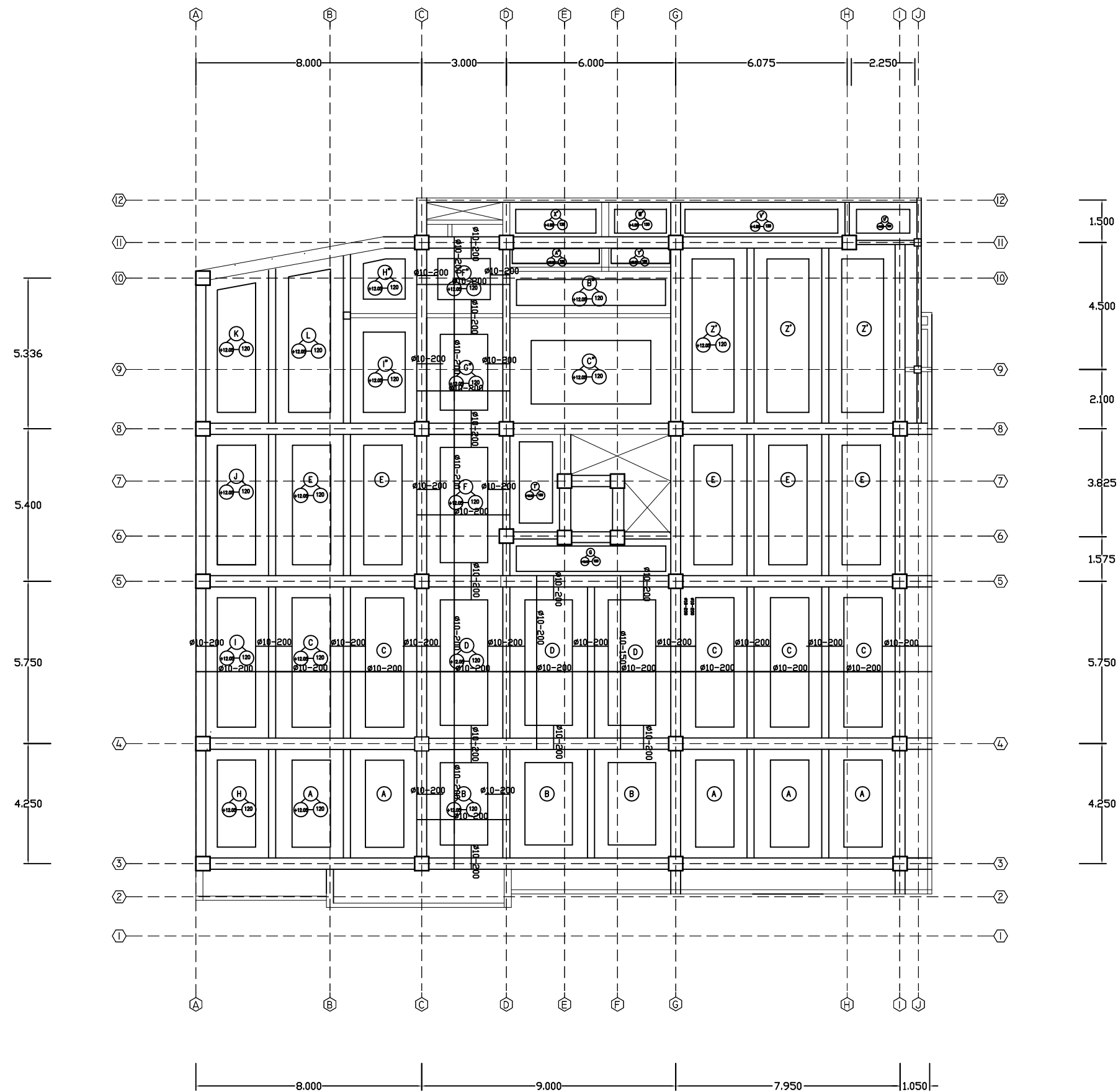
KODE

NO
LEMBAR

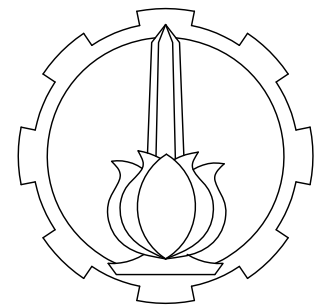
JUMLAH
LEMBAR

STR

R.21



PENULANGAN PLAT ATAP DAN PENTHOUSE
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

PENULANGAN PLAT
LANTAI PENTHOUSE DAN
ATAP

1 : 80

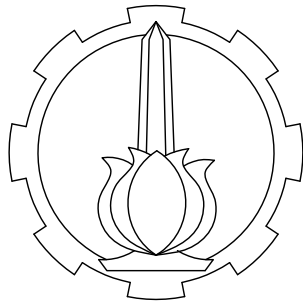
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.22



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

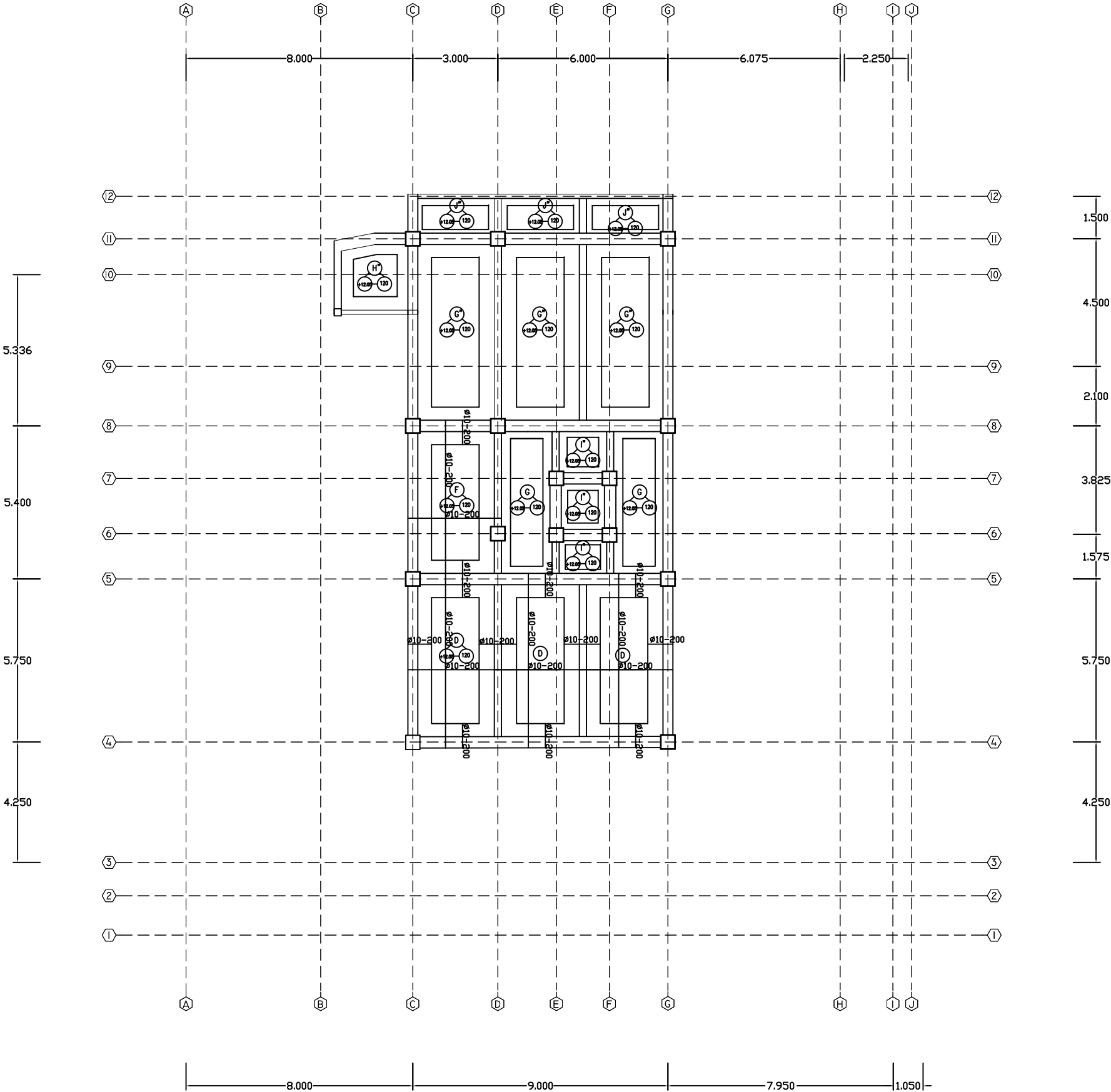
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

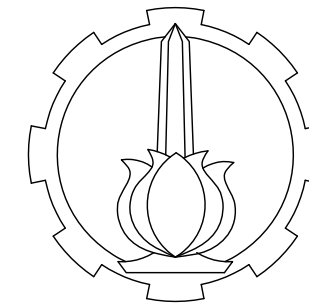
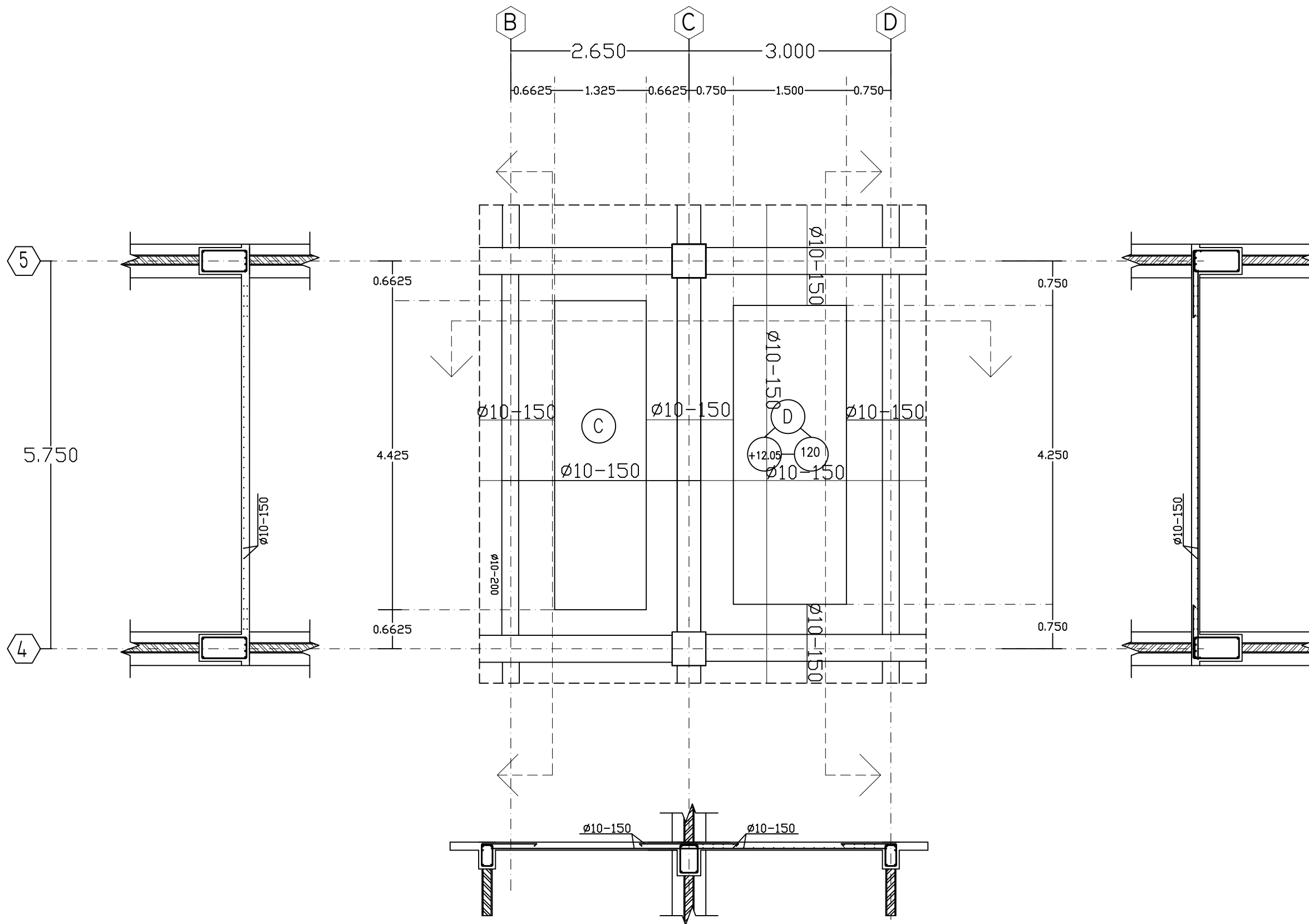
MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDUL		SKALA
PENULANGAN PLAT ATAP PENTHOUSE		1 : 80
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	R.23	



PENULANGAN PLAT ATAP PENTHOUSE
SKALA 1:80



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DETAIL PENULANGAN
PLAT TIPE D

1 : 30

KODE

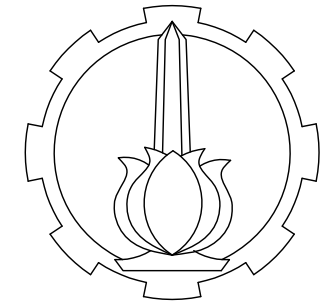
NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.24

DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE C DAN D
SKALA 1:30



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

RENCANA TANGGA 1
PENULANGAN PLAT
TANGGA 1

1 : 30

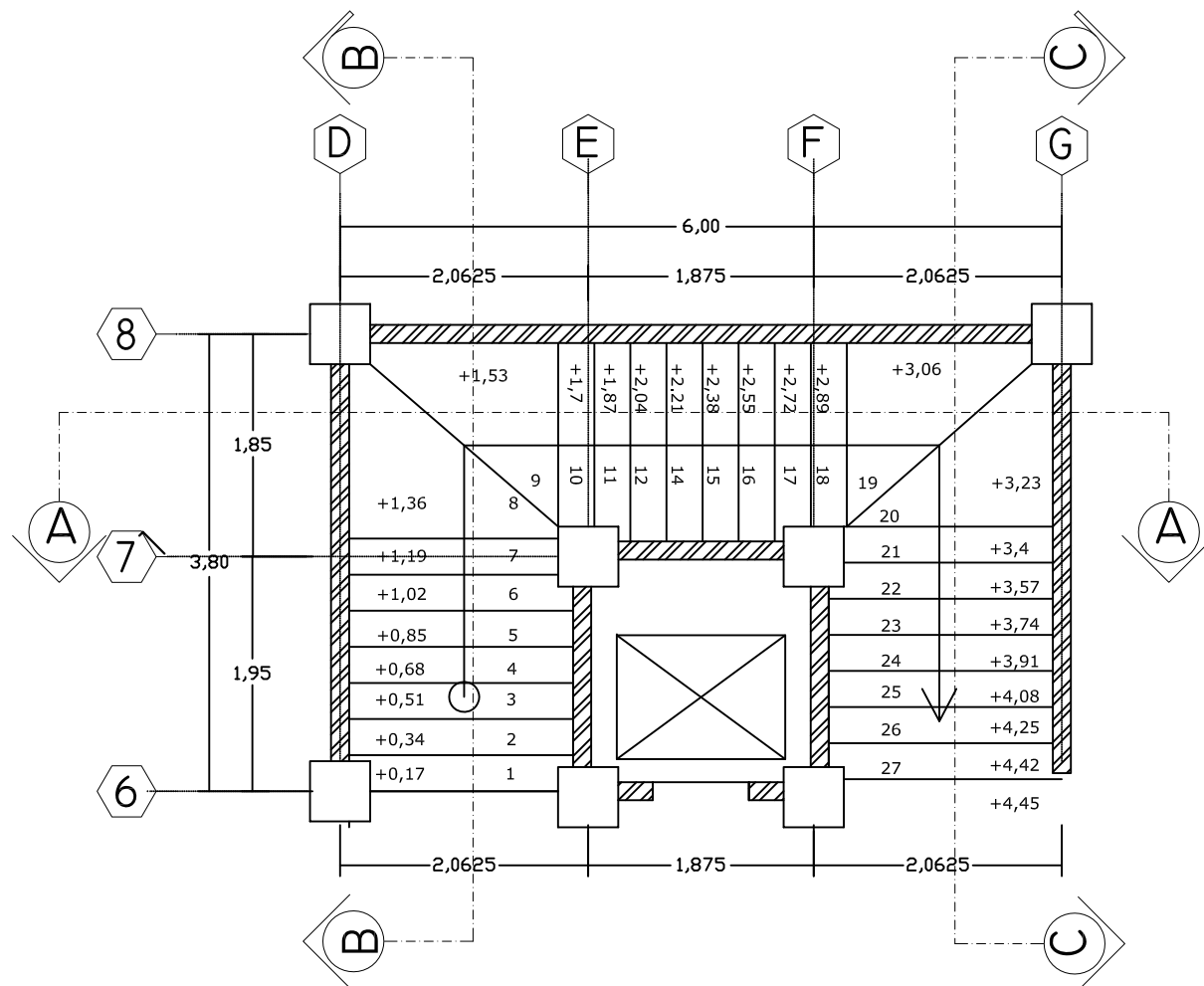
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

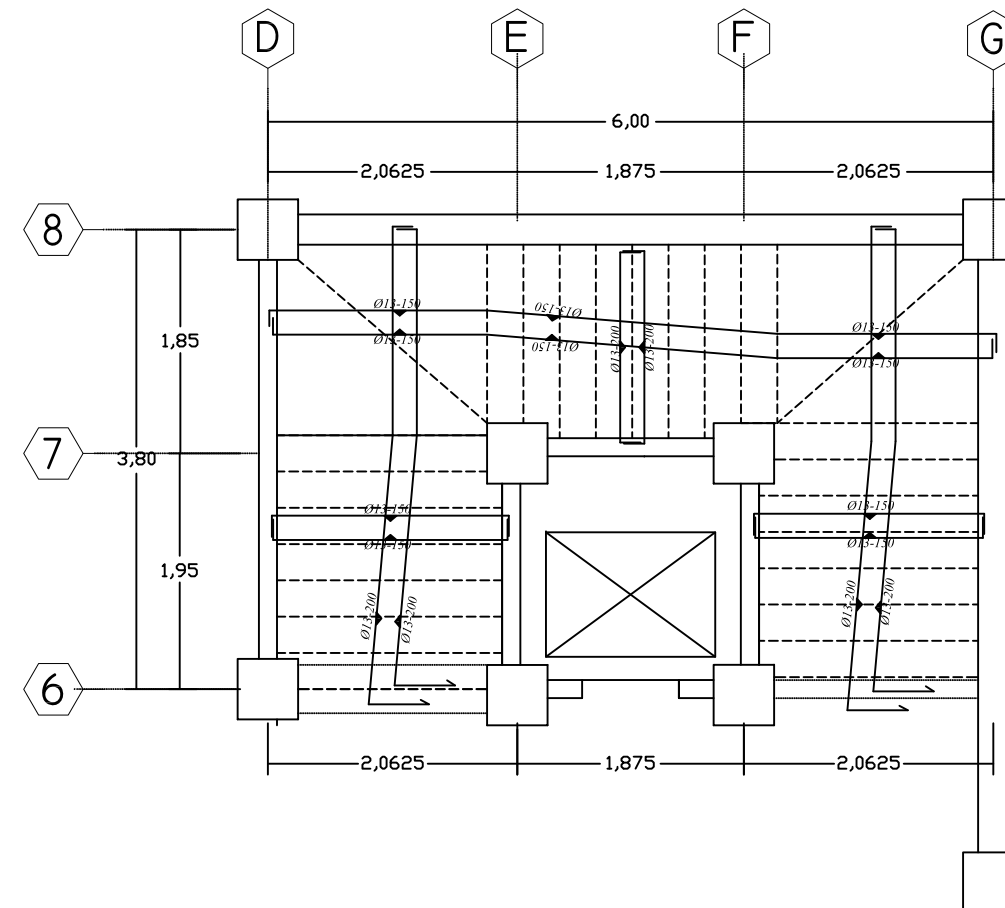
STR

R.25



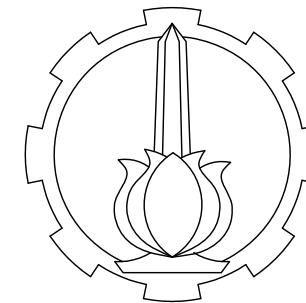
RENCANA TANGGA

SKALA 1:30



PENULANGAN PELAT TANGGA

SKALA 1:30



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

POTONGAN TANGGA 1
DETAIL TANGGA 1

1 : 40
1 : 10

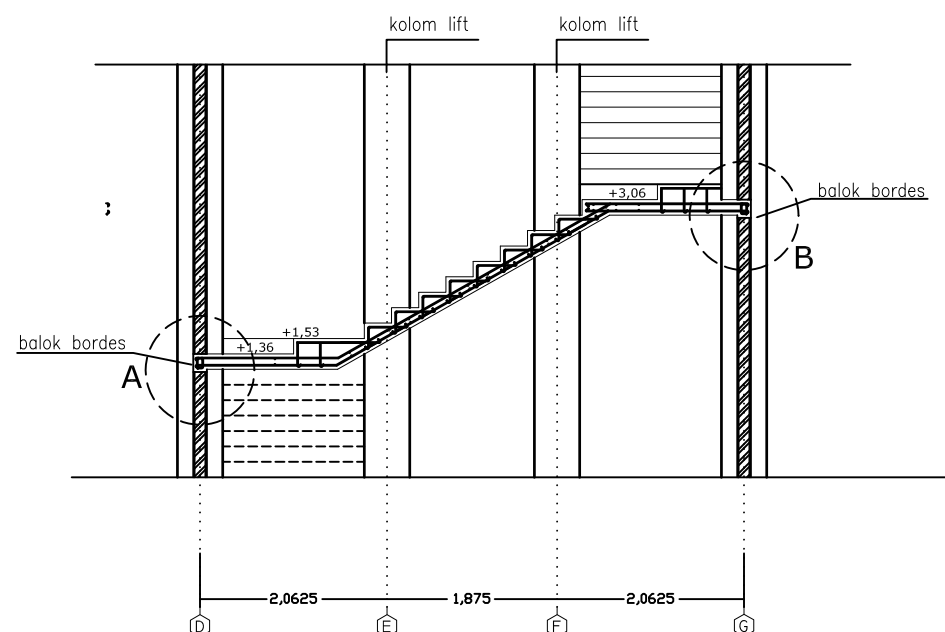
KODE

NO
LEMBAR

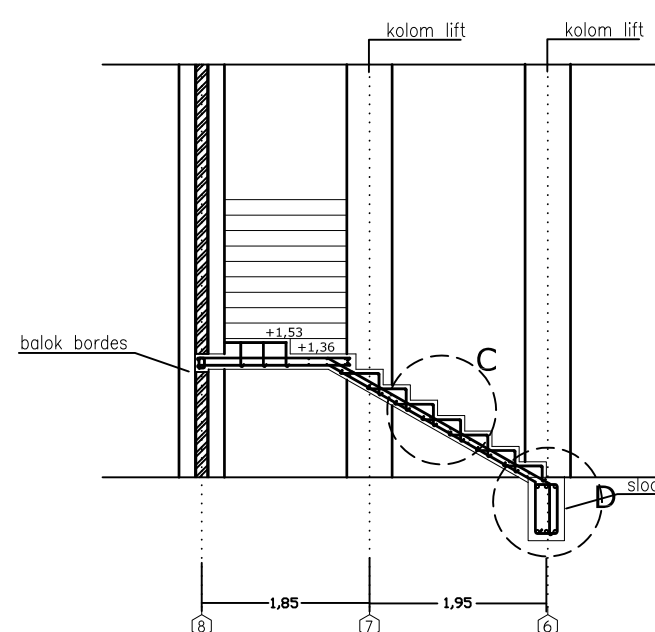
JUMLAH
LEMBAR

STR

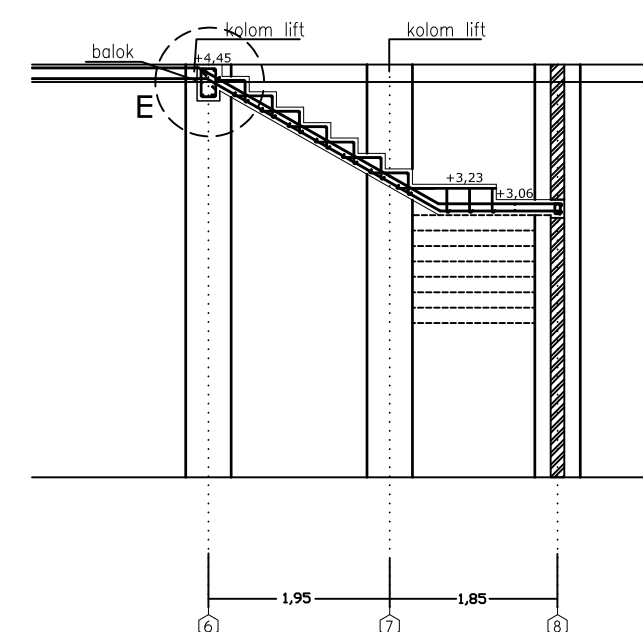
R.26



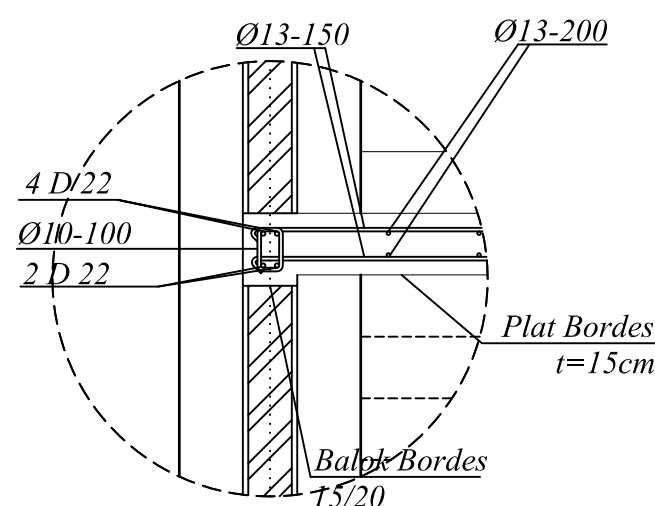
POTONGAN A-A
SKALA 1:40



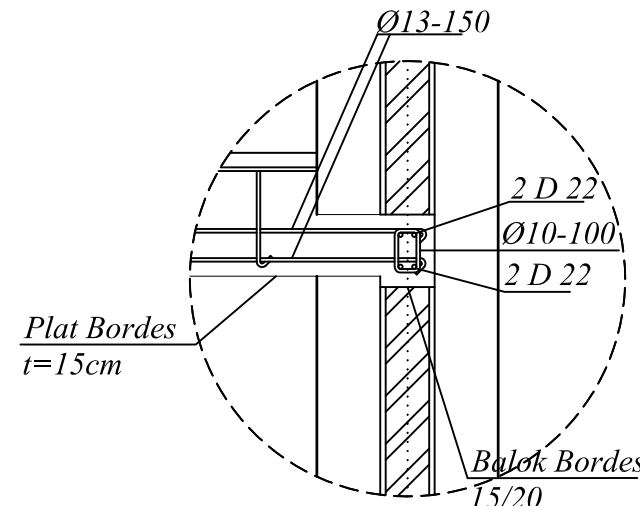
POTONGAN B-B
SKALA 1:40



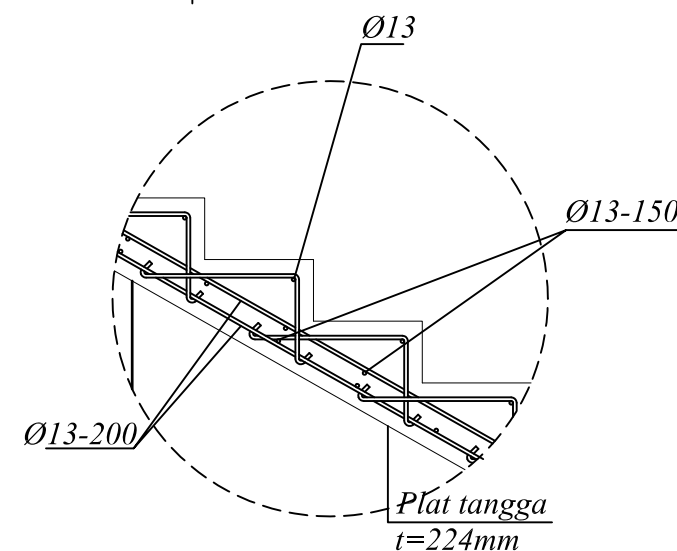
POTONGAN C-C
SKALA 1:40



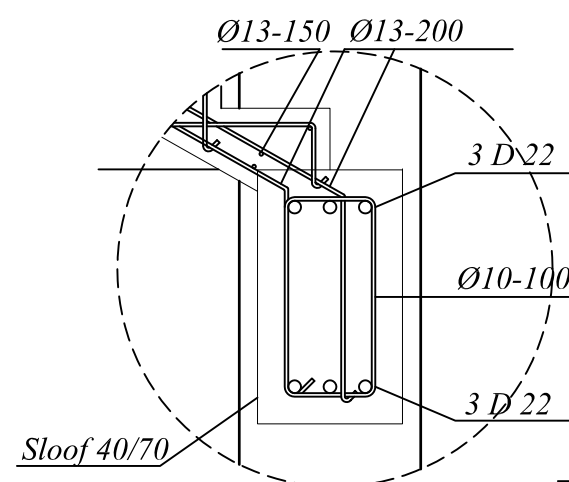
DETAIL A
SKALA 1:10



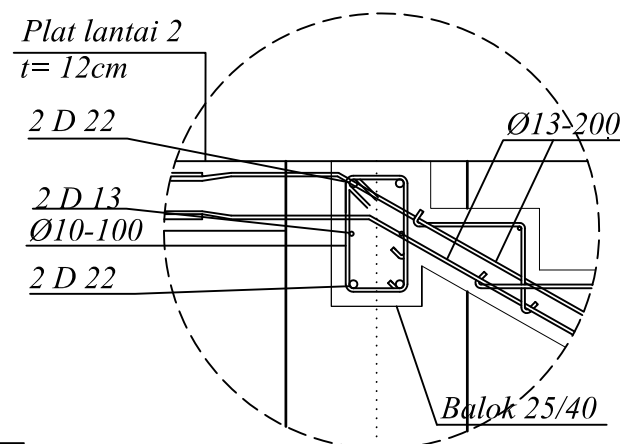
DETAIL B
SKALA 1:10



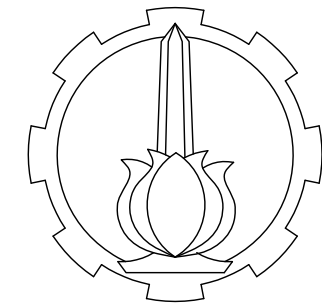
DETAIL C
SKALA 1:10



DETAIL D
SKALA 1:10



DETAIL E
SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

RENCANA TANGGA 2
PENULANGAN PLAT
TANGGA 2

1 : 25

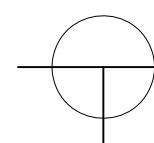
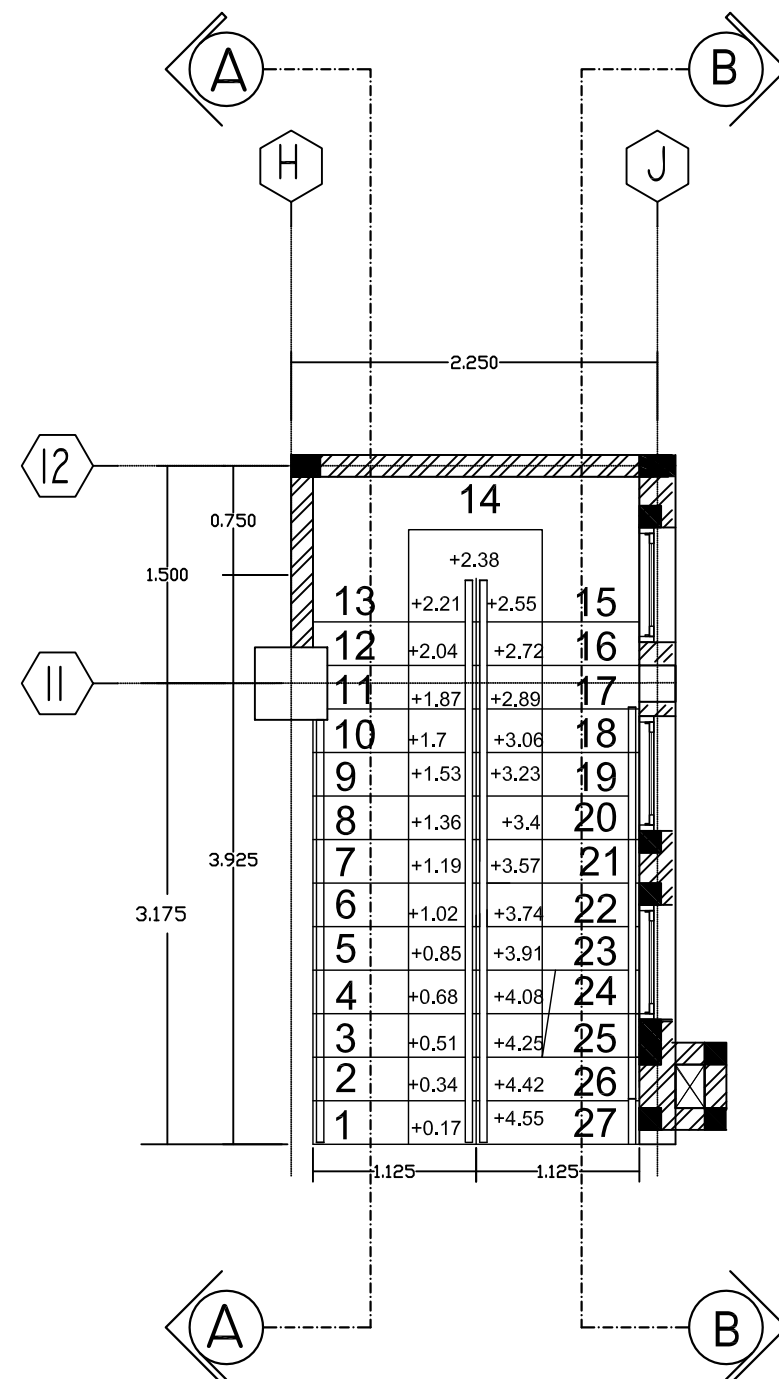
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

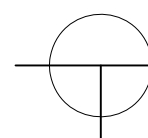
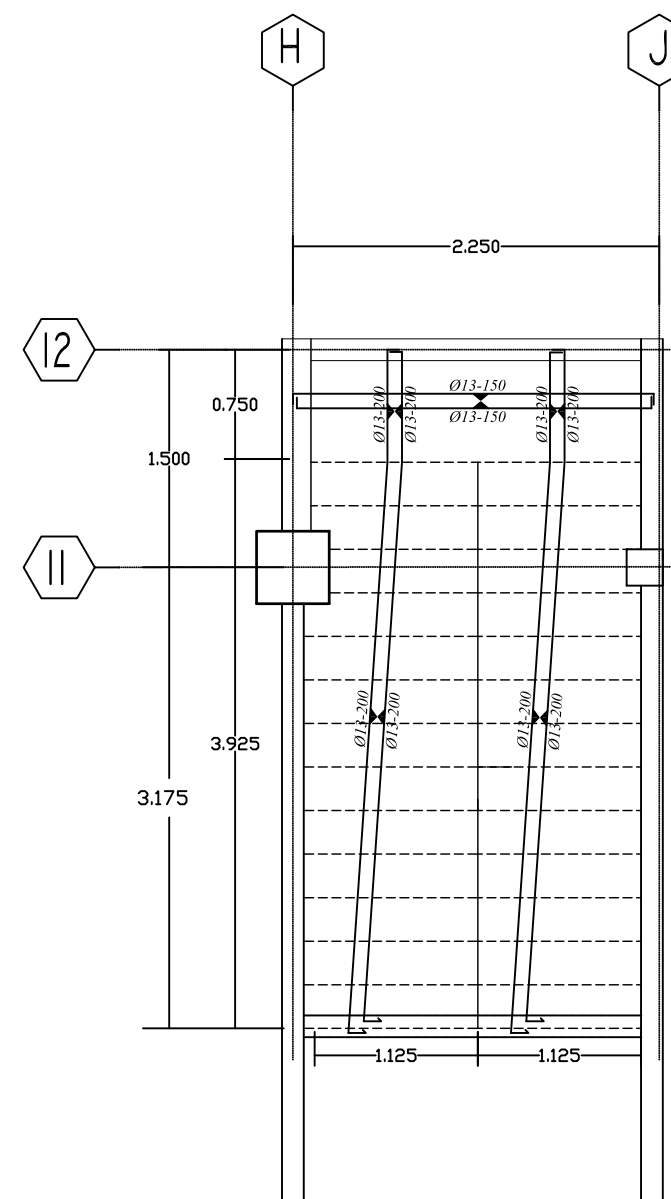
STR

R.27



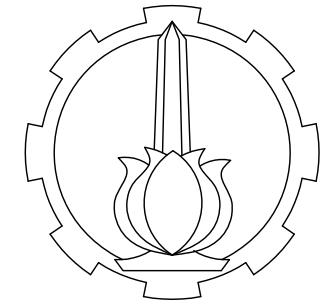
RENCANA TANGGA

SKALA 1:25



PENULANGAN PELAT TANGGA

SKALA 1:25



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

POTONGAN TANGGA 2
DETAIL TANGGA 2

1 : 25
1 : 10

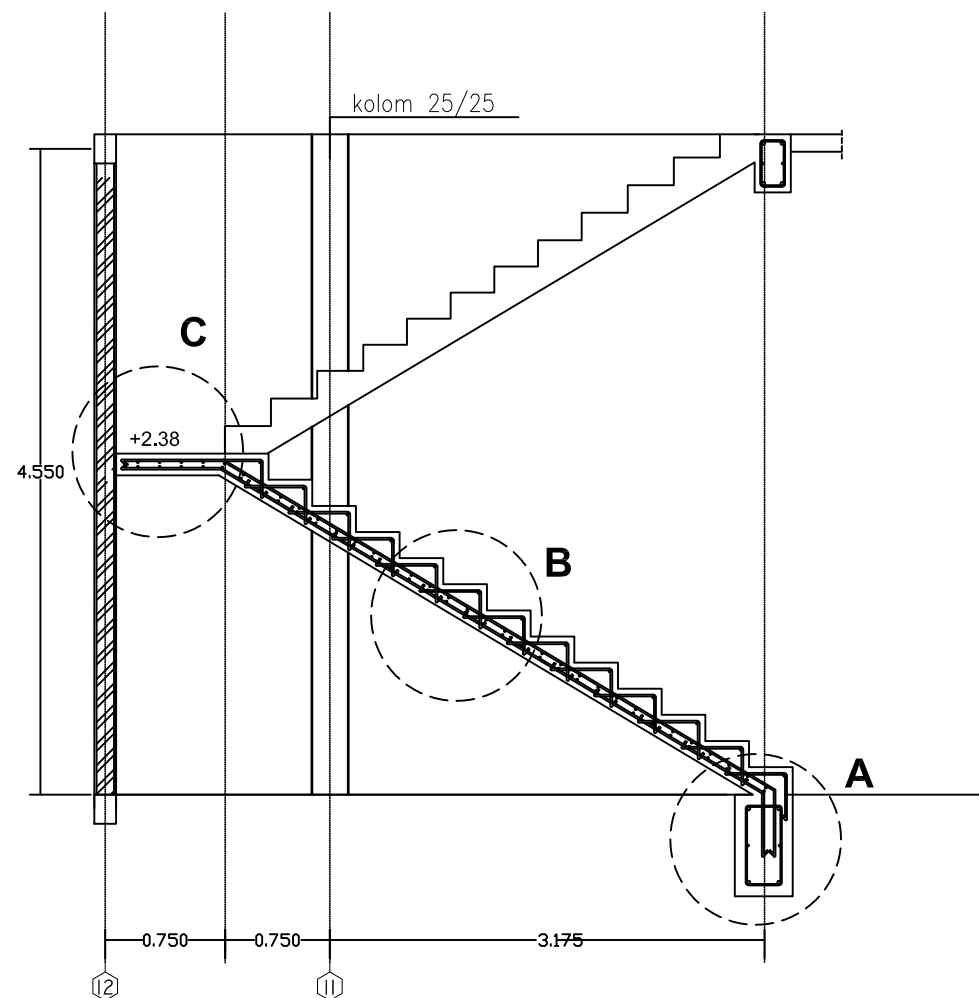
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

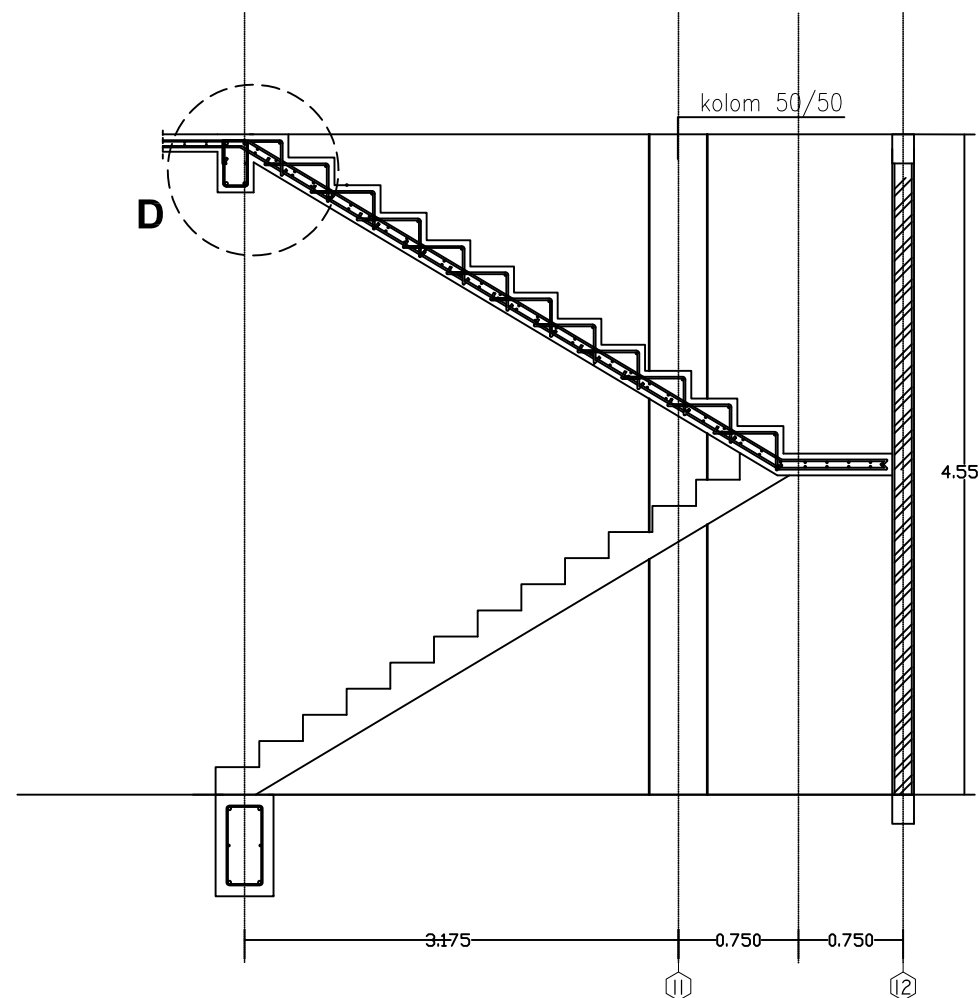
STR

R.28



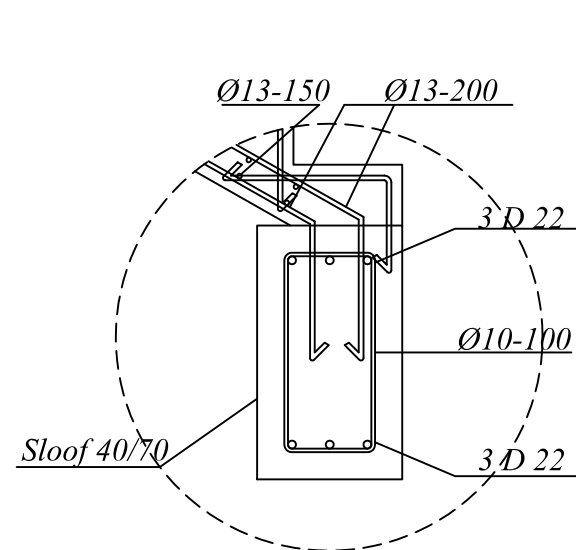
POTONGAN A-A

SKALA 1:25



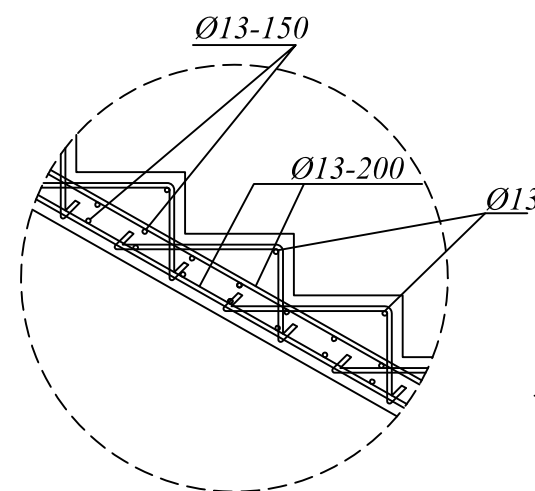
POTONGAN B-B

SKALA 1:25



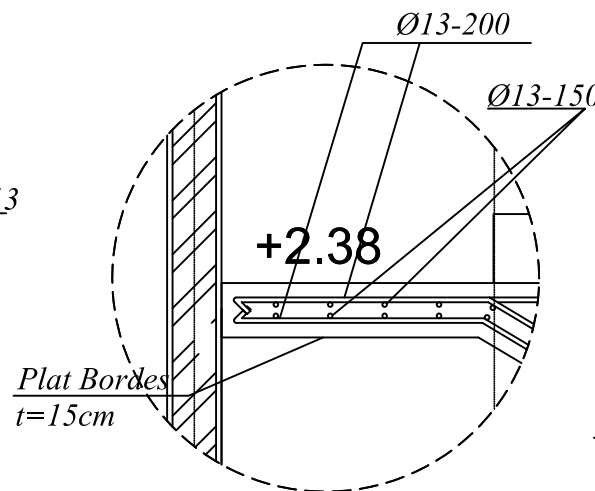
DETAIL A

SKALA 1:10



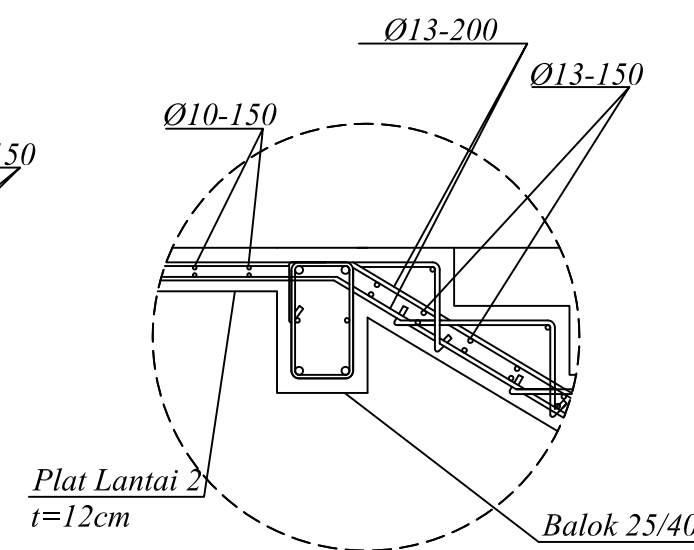
DETAIL B

SKALA 1:10



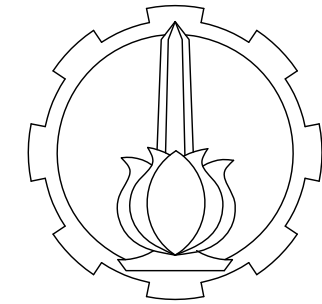
DETAIL C

SKALA 1:10



DETAIL D

SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

PORTAL MEMANJANG

1 : 70

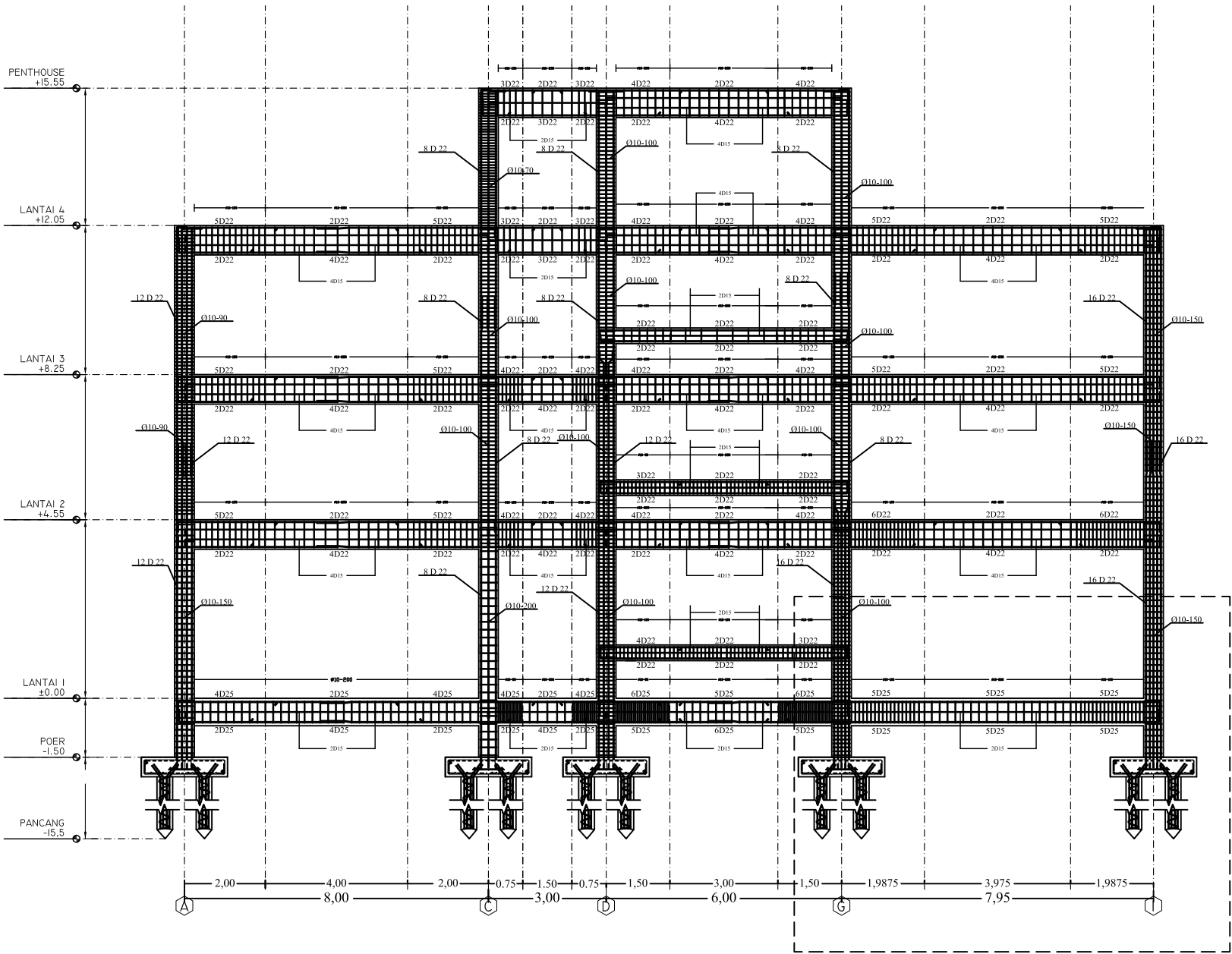
KODE

NO
LEMBAR

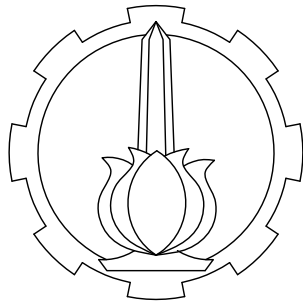
JUMLAH
LEMBAR

STR

R.29



PORTAL MEMANJANG AS-8
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-8

1 : 10

KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.31

AS A-C

KETERANGAN	FRAME 23 - LANTAI 2			FRAME 60 - LANTAI 3			FRAME 97 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 8000 b = 400 h = 750 c = 40									
Tul. atas	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150

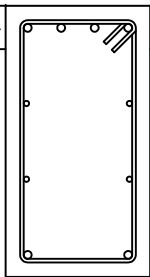
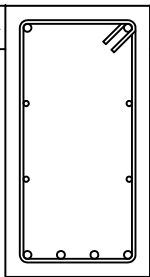
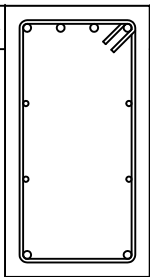
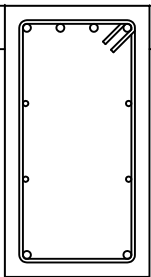
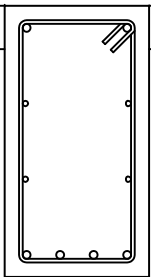
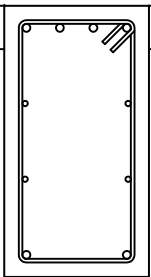
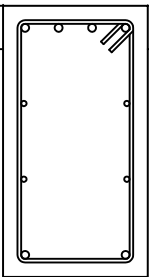
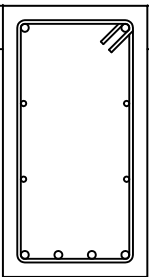
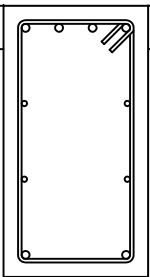
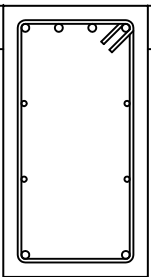
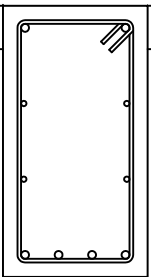
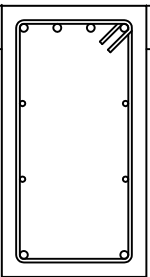
AS C-D

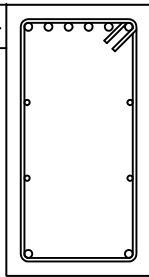
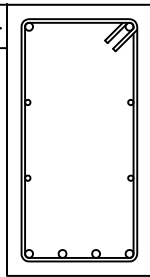
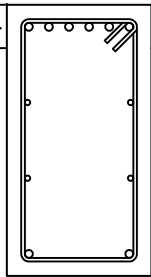
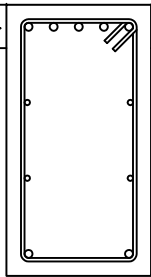
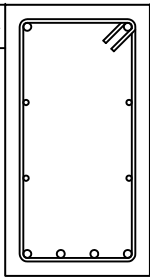
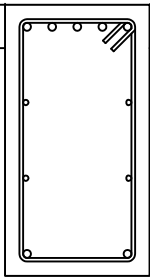
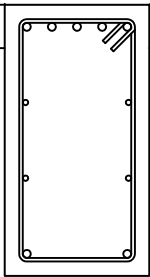
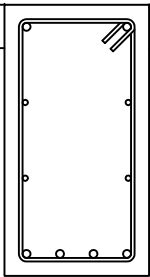
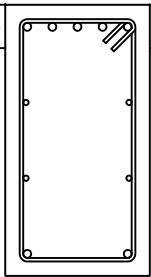
KETERANGAN	FRAME 24 - LANTAI 2			FRAME 61 - LANTAI 3			FRAME 98 - LANTAI 4			FRAME 438 - LANTAI ATAP		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 3000 b = 400 h = 750 c = 40												
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150



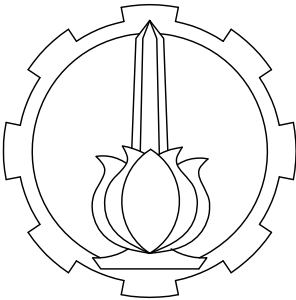
TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-8

SKALA 1:10

AS D-G												
KETERANGAN	FRAME 25 - LANTAI 2			FRAME 62 - LANTAI 3			FRAME 99 - LANTAI 4			FRAME 439 - LANTAI ATAP		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 6000 b = 400 h = 750 c = 40												
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200

AS G-I									
KETERANGAN	FRAME 26 - LANTAI 2			FRAME 63 - LANTAI 3			FRAME 100 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 7950 b = 400 h = 750 c = 40									
Tul. atas	6 D 22	2 D 22	6 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150

 TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-8
SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-8

1 : 10

KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

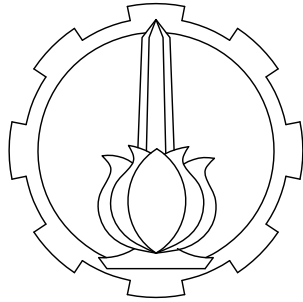
R.32

KETERANGAN	FRAME 492 - BENTANG 8000			FRAME 493 - BENTANG 3000			FRAME 494 - BENTANG 6000			FRAME 495 - BENTANG 7950		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
b = 400 h = 700 c = 75												
Tul. atas	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	6 D 25	6 D 25	6 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25
Tul.bawah	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25
Tul.puntir	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50

 TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-8
SKALA 1:70

KETERANGAN	FRAME 266 - LANTAI 1			FRAME 268 - LANTAI 2			FRAME 272 - LANTAI 3		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 6000 b = 250 h = 400 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	3 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-400	Ø10-100	Ø10-50	Ø10-400	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-400	Ø10-200

 TABEL PENULANGAN BALOK BORDES PORTAL AS-8
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
SLOOF PORTAL AS-8

TABEL PENULANGAN
BALOK BORDES PORTAL
AS-8

1 : 10

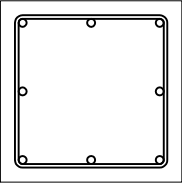
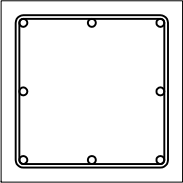
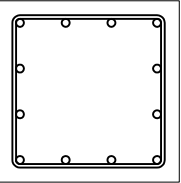
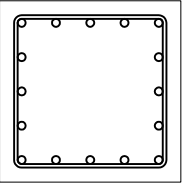
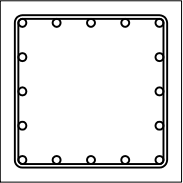
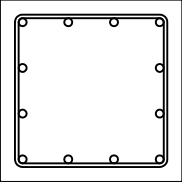
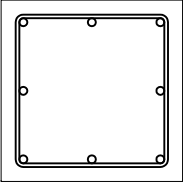
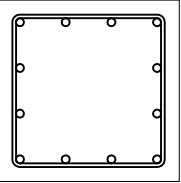
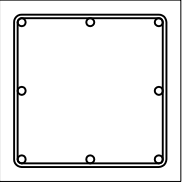
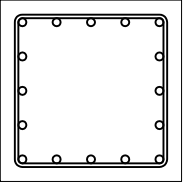
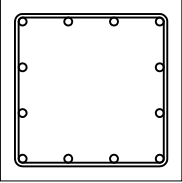
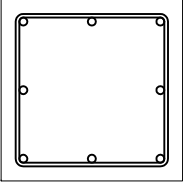
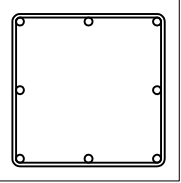
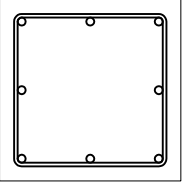
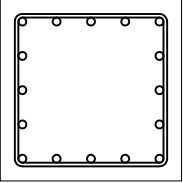
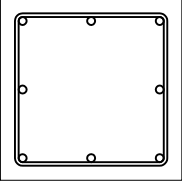
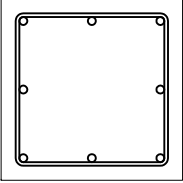
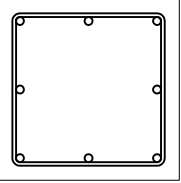
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

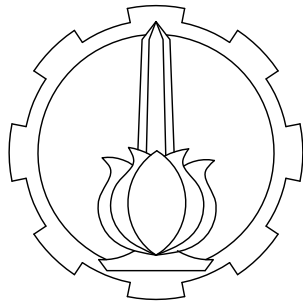
R.33

KETERANGAN	KOLOM LANTAI 1				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 4550 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	8 D 22	8 D 22	12 D 22	16 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-150	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 2				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 3700 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	12 D 22	8 D 22	12 D 22	8 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 3				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 3800 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	12 D 22	8 D 22	8 D 22	8 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 4				
	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G		
L = 3500 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	8 D 22	8 D 22	8 D 22		
Sengkang	Ø10-70	Ø10-100	Ø10-100		



TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS-8

SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
KOLOM PORTAL AS-8

1 : 10

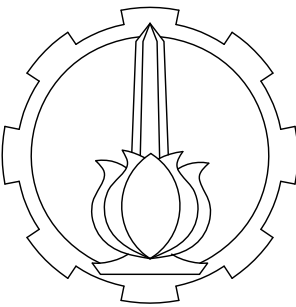
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.34



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

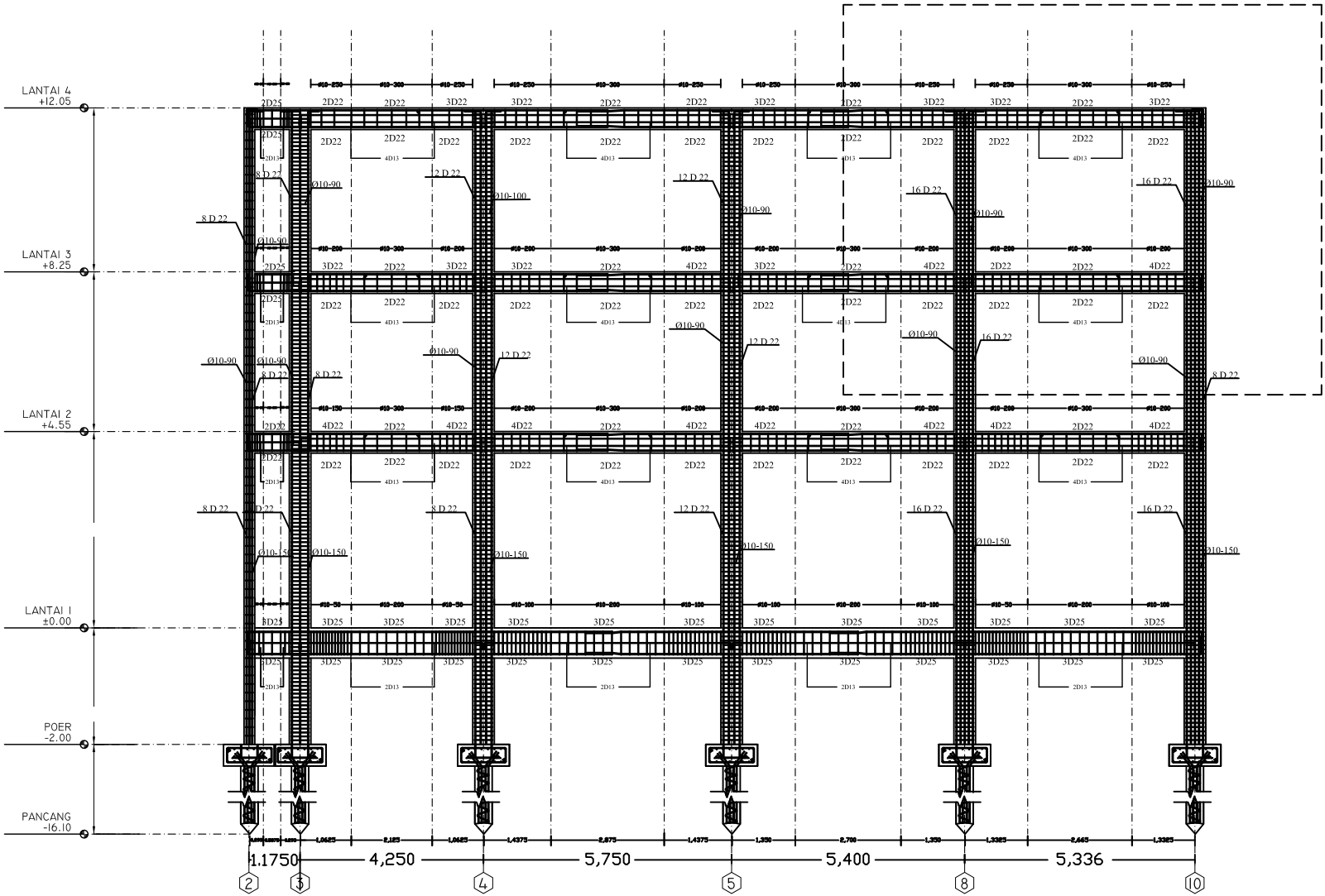
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

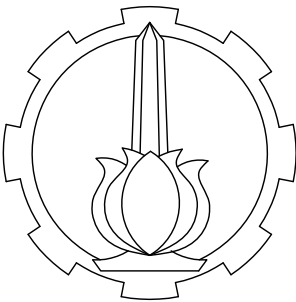
MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDUL		SKALA
PORTAL MELINTANG AS-A		1 : 70
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	R.35	



PORTAL MELINTANG AS-A
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-A

1 : 10

KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

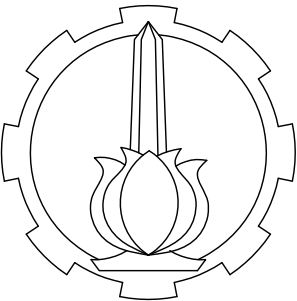
R.37

AS 2-3									
KETERANGAN	FRAME 206 - LANTAI 2			FRAME 235 - LANTAI			FRAME 264 - LANTAI		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI ³	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI ⁴	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 1175 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
Tul. Geser	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50
AS 3-4									
KETERANGAN	FRAME 7 - LANTAI 2			FRAME 44 - LANTAI 3			FRAME 81 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 4250 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-150	Ø10-300	Ø10-150	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250
AS 4-5									
KETERANGAN	FRAME 8 - LANTAI 2			FRAME 45 - LANTAI 3			FRAME 82 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250



TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-A

SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

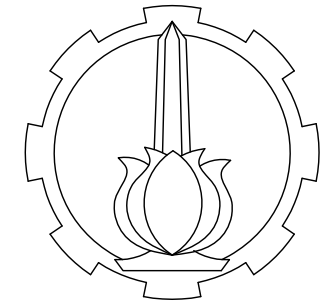
JUDUL		SKALA
TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-A TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-A		1 : 10
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	R.38	

AS 5-8									
KETERANGAN	FRAME 9 - LANTAI 2			FRAME 46 - LANTAI 3			FRAME 83 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250
AS 8-10									
KETERANGAN	FRAME 10 - LANTAI 2			FRAME 47 - LANTAI 3			FRAME 84 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250

TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-A
SKALA 1:10

KETERANGAN	AS 2-3		AS 3-4		AS 4-5		AS 5-8		AS 8-10	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
b = 400 h = 700 c = 75										
Tul. atas	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25
Tul.bawah	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25
Tul.puntir	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200

TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-A
SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

POTONGAN TANGGA 2
DETAIL TANGGA 2

1 : 25

1 : 10

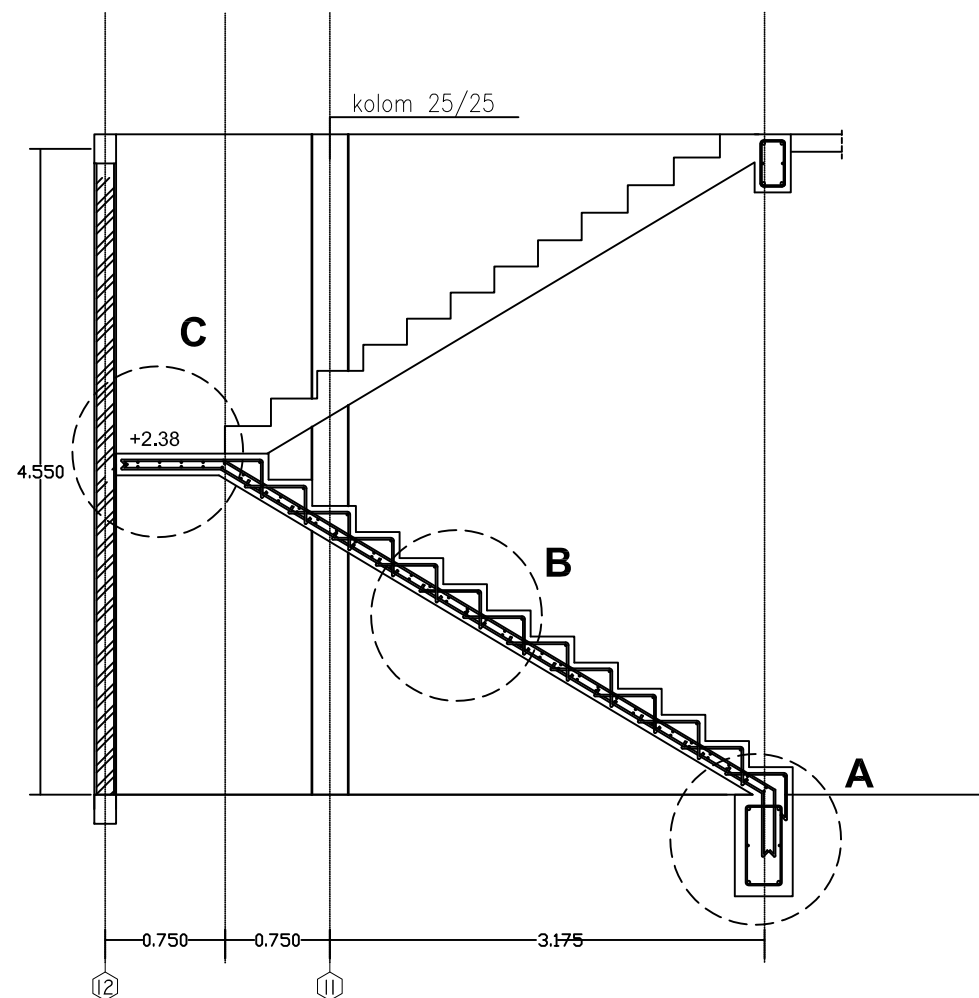
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

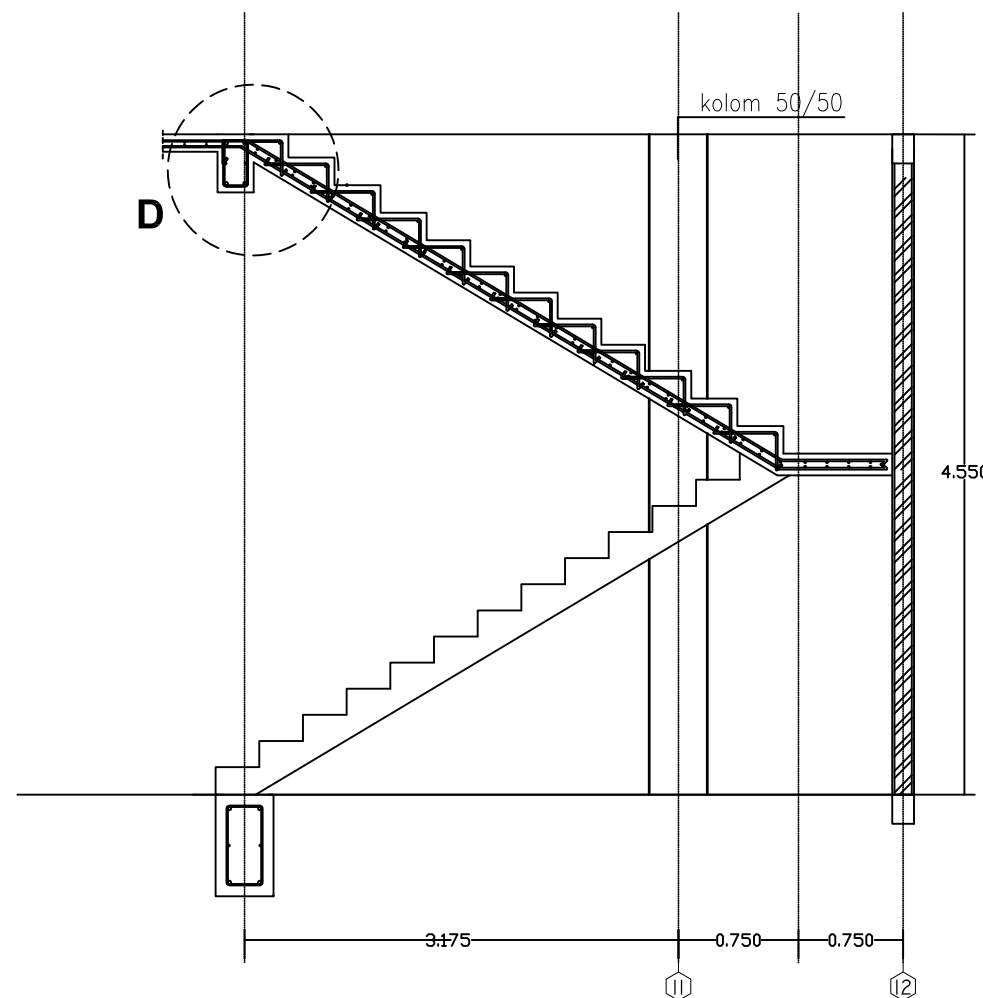
STR

R.28



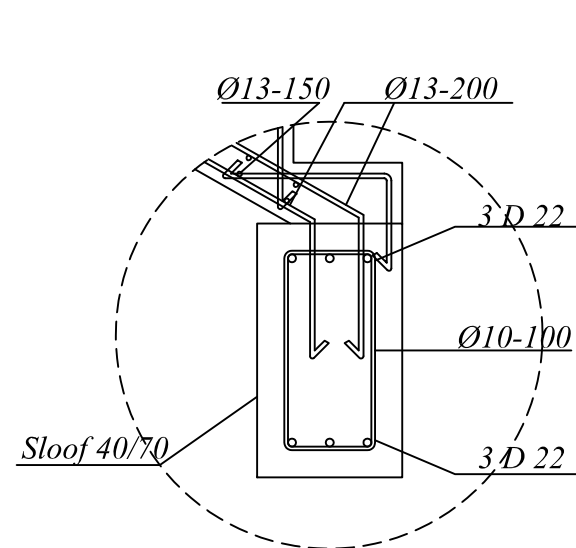
POTONGAN A-A

SKALA 1:25



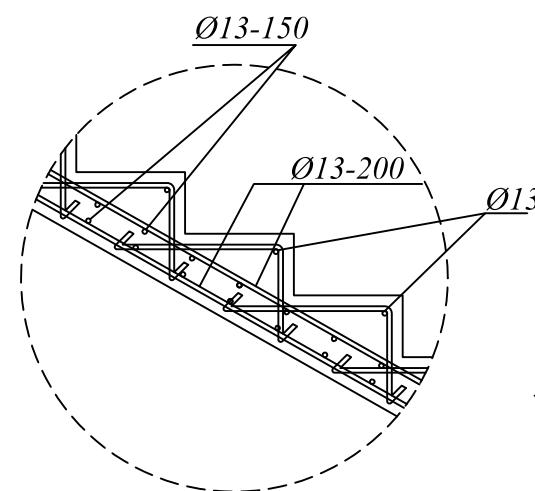
POTONGAN B-B

SKALA 1:25



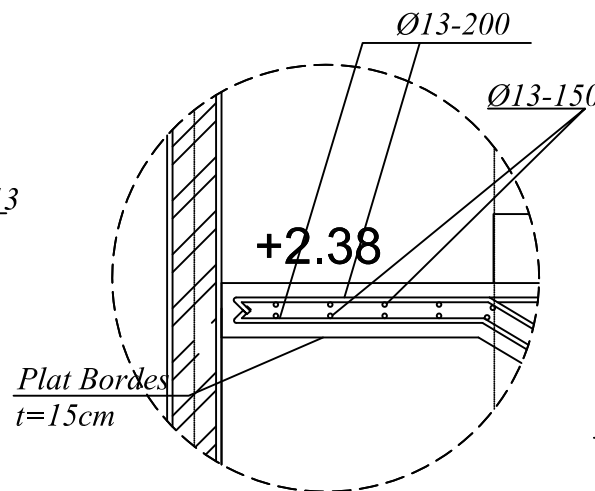
DETAIL A

SKALA 1:10



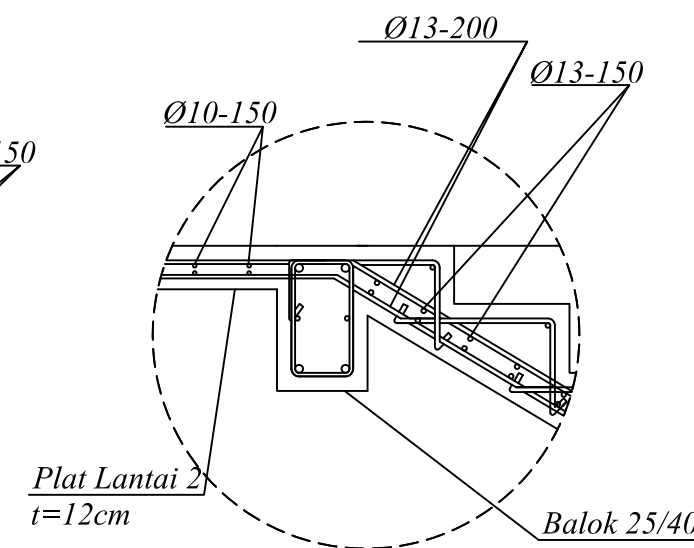
DETAIL B

SKALA 1:10



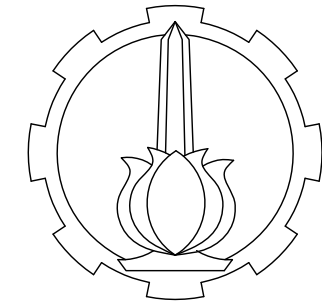
DETAIL C

SKALA 1:10



DETAIL D

SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

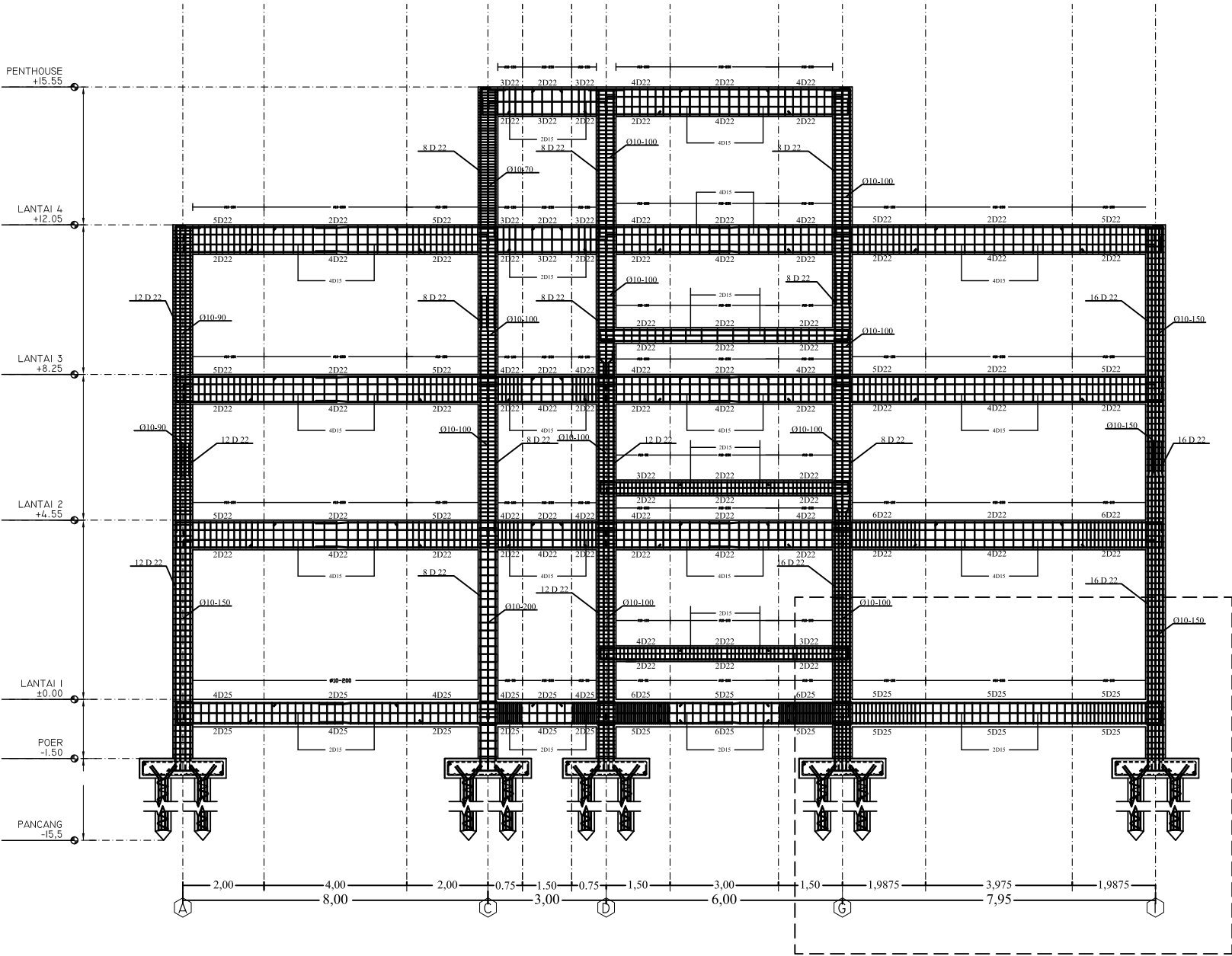
YUDITH VEMMY NRP. 3111030007	ADELIA MUNAWAROH NRP. 3111030038
---------------------------------	-------------------------------------

JUDULSKALA

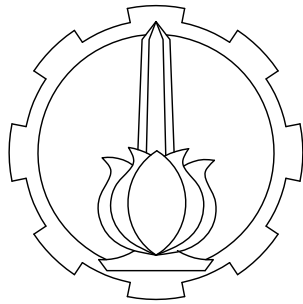
PORTAL MEMANJANG1 : 70

KODENO LEMBARJUMLAH LEMBAR

STR R.29



PORTAL MEMANJANG AS-8
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-8

1 : 10

KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.31

AS A-C

KETERANGAN	FRAME 23 - LANTAI 2			FRAME 60 - LANTAI 3			FRAME 97 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 8000 b = 400 h = 750 c = 40									
Tul. atas	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150

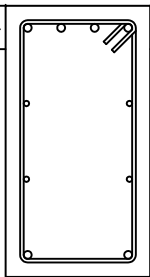
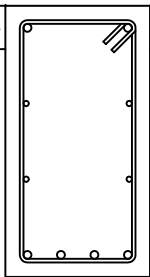
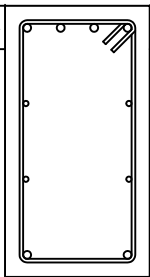
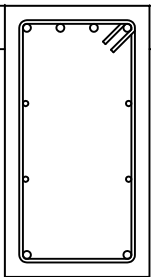
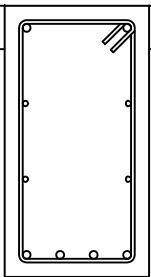
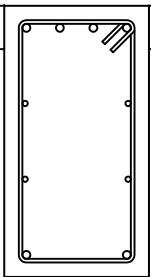
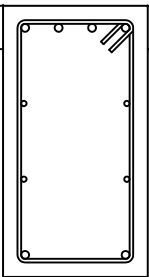
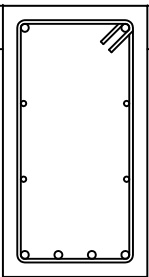
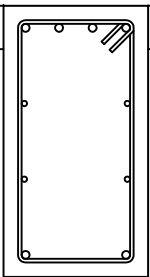
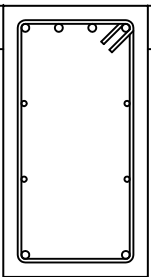
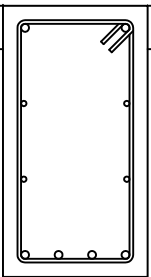
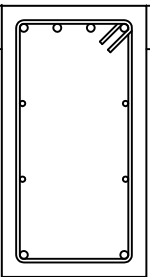
AS C-D

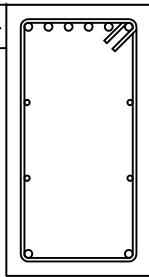
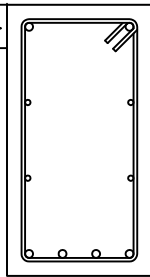
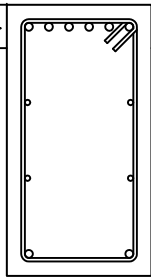
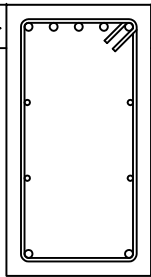
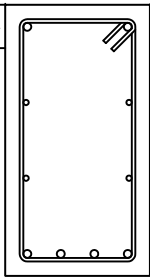
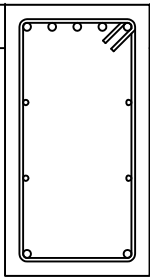
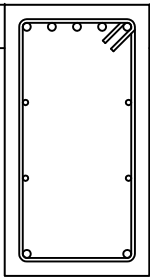
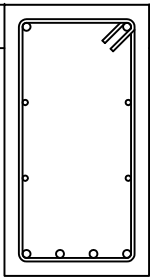
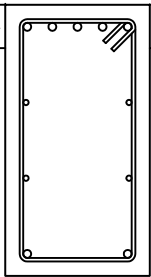
KETERANGAN	FRAME 24 - LANTAI 2			FRAME 61 - LANTAI 3			FRAME 98 - LANTAI 4			FRAME 438 - LANTAI ATAP		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 3000 b = 400 h = 750 c = 40												
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150



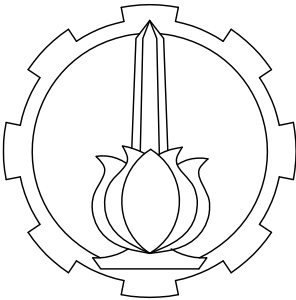
TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-8

SKALA 1:10

AS D-G												
KETERANGAN	FRAME 25 - LANTAI 2			FRAME 62 - LANTAI 3			FRAME 99 - LANTAI 4			FRAME 439 - LANTAI ATAP		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 6000 b = 400 h = 750 c = 40												
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200

AS G-I									
KETERANGAN	FRAME 26 - LANTAI 2			FRAME 63 - LANTAI 3			FRAME 100 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 7950 b = 400 h = 750 c = 40									
Tul. atas	6 D 22	2 D 22	6 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150

 TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-8
SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-8

1 : 10

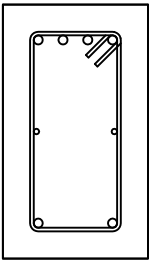
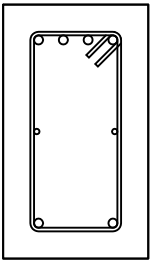
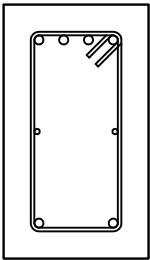
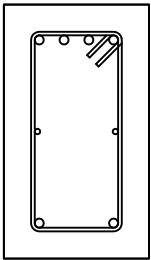
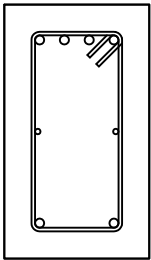
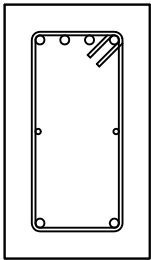
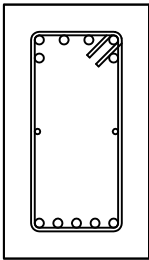
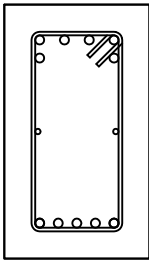
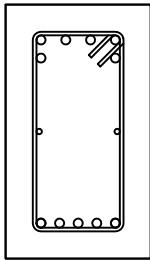
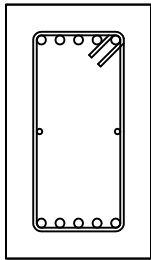
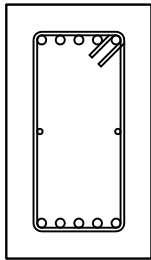
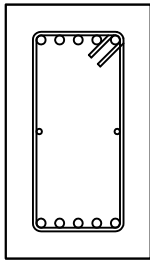
KODE

NO
LEMBAR

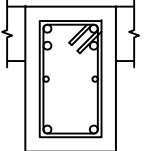
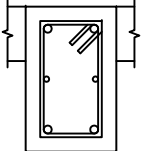
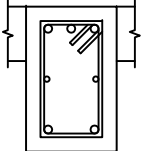
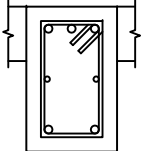
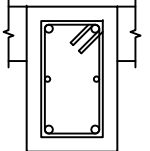
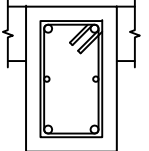
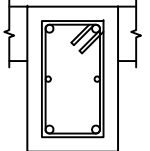
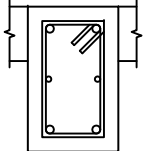
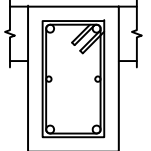
JUMLAH
LEMBAR

STR

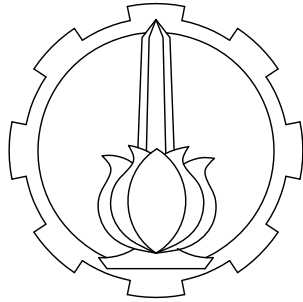
R.32

KETERANGAN	FRAME 492 - BENTANG 8000			FRAME 493 - BENTANG 3000			FRAME 494 - BENTANG 6000			FRAME 495 - BENTANG 7950		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
b = 400 h = 700 c = 75												
Tul. atas	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	6 D 25	6 D 25	6 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25
Tul.bawah	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25
Tul.puntir	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50

 TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-8
SKALA 1:70

KETERANGAN	FRAME 266 - LANTAI 1			FRAME 268 - LANTAI 2			FRAME 272 - LANTAI 3		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 6000 b = 250 h = 400 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	3 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-400	Ø10-100	Ø10-50	Ø10-400	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-400	Ø10-200

 TABEL PENULANGAN BALOK BORDES PORTAL AS-8
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
SLOOF PORTAL AS-8

TABEL PENULANGAN
BALOK BORDES PORTAL
AS-8

1 : 10

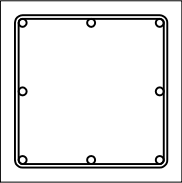
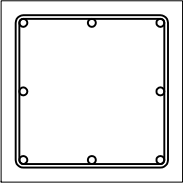
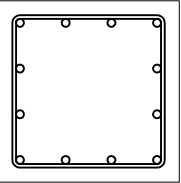
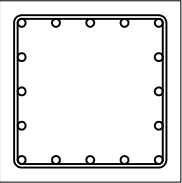
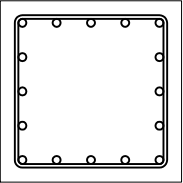
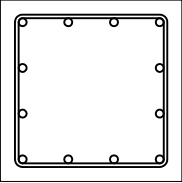
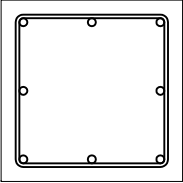
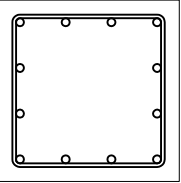
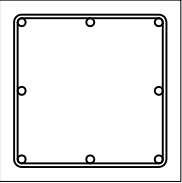
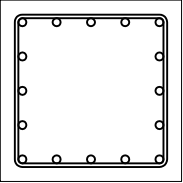
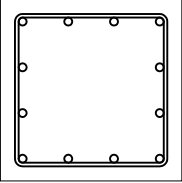
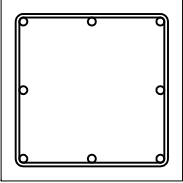
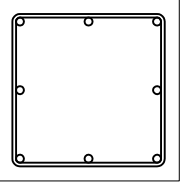
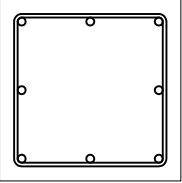
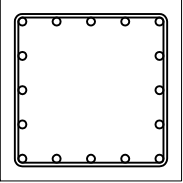
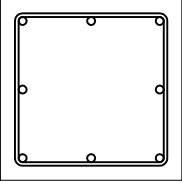
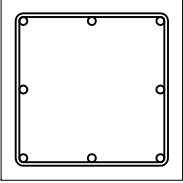
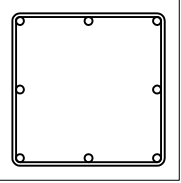
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

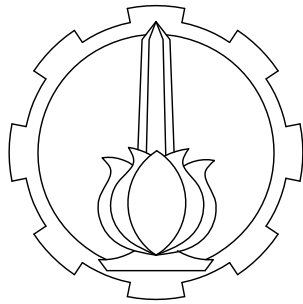
R.33

KETERANGAN	KOLOM LANTAI 1				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 4550 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	8 D 22	8 D 22	12 D 22	16 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-150	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 2				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 3700 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	12 D 22	8 D 22	12 D 22	8 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 3				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 3800 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	12 D 22	8 D 22	8 D 22	8 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 4				
	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G		
L = 3500 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	8 D 22	8 D 22	8 D 22		
Sengkang	Ø10-70	Ø10-100	Ø10-100		



TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS-8

SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
KOLOM PORTAL AS-8

1 : 10

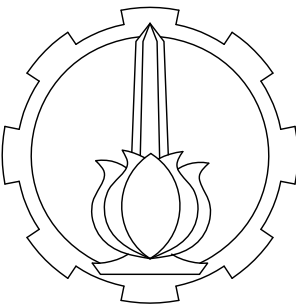
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.34



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

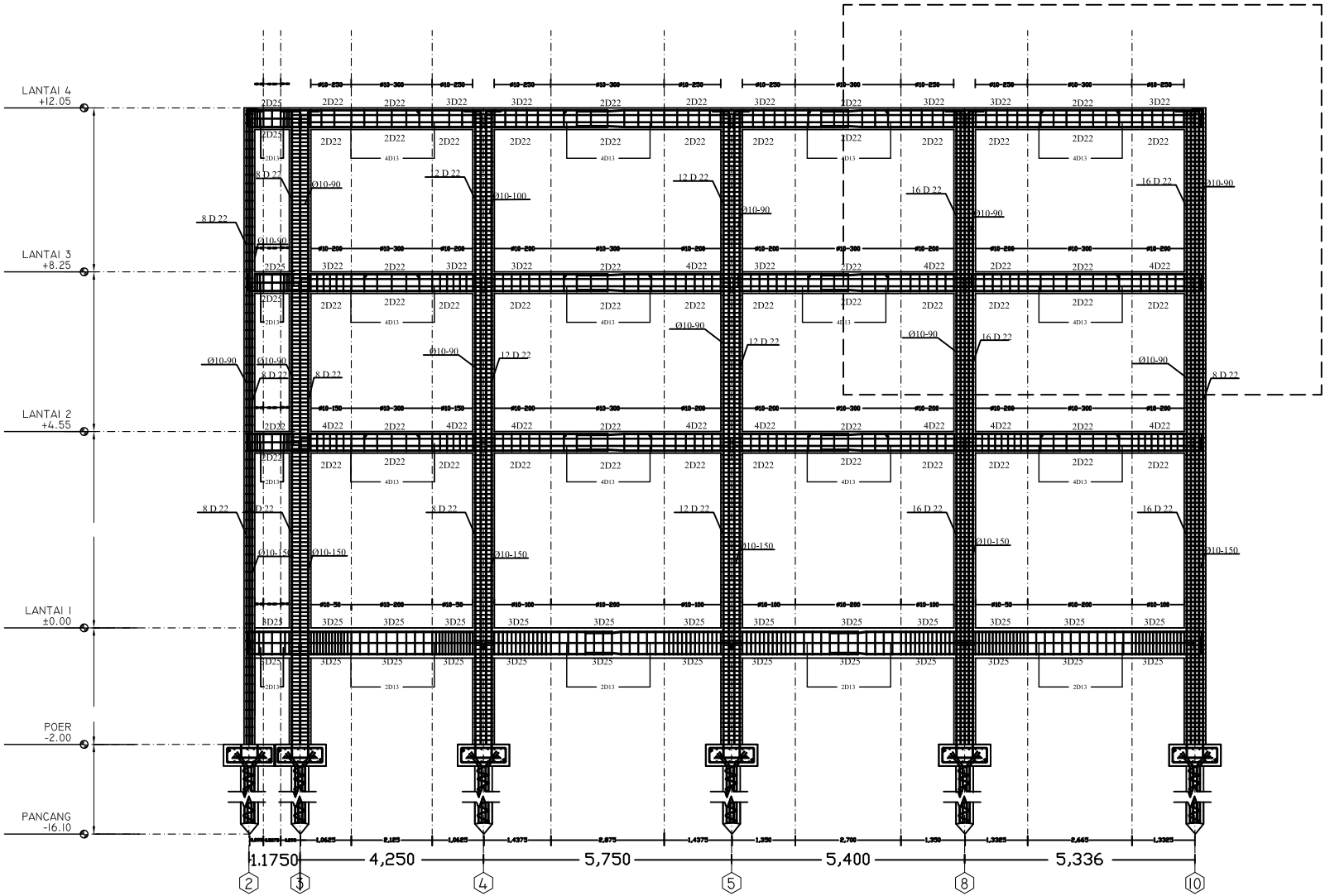
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

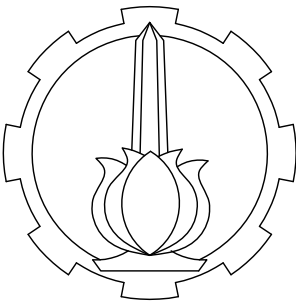
MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDUL		SKALA
PORTAL MELINTANG AS-A		1 : 70
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	R.35	



PORTAL MELINTANG AS-A
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-A

1 : 10

KODE

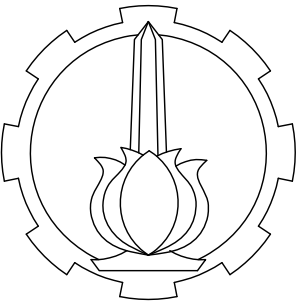
NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.37

AS 2-3									
KETERANGAN	FRAME 206 - LANTAI 2			FRAME 235 - LANTAI			FRAME 264 - LANTAI		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI ³	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI ⁴	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 1175 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
Tul. Geser	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50
AS 3-4									
KETERANGAN	FRAME 7 - LANTAI 2			FRAME 44 - LANTAI 3			FRAME 81 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 4250 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-150	Ø10-300	Ø10-150	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250
AS 4-5									
KETERANGAN	FRAME 8 - LANTAI 2			FRAME 45 - LANTAI 3			FRAME 82 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDULSKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-A

TABEL PENULANGAN
SLOOF PORTAL AS-A

1 : 10

KODENO LEMBARJUMLAH LEMBAR

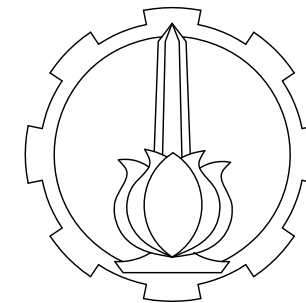
STR
R.38

AS 5-8									
KETERANGAN	FRAME 9 - LANTAI 2			FRAME 46 - LANTAI 3			FRAME 83 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250
AS 8-10									
KETERANGAN	FRAME 10 - LANTAI 2			FRAME 47 - LANTAI 3			FRAME 84 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250

TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-A
SKALA 1:10

KETERANGAN	AS 2-3		AS 3-4		AS 4-5		AS 5-8		AS 8-10	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
b = 400 h = 700 c = 75										
Tul. atas	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25
Tul.bawah	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25
Tul.puntir	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200

TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-A
SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

POTONGAN TANGGA 2
DETAIL TANGGA 2

1 : 25

1 : 10

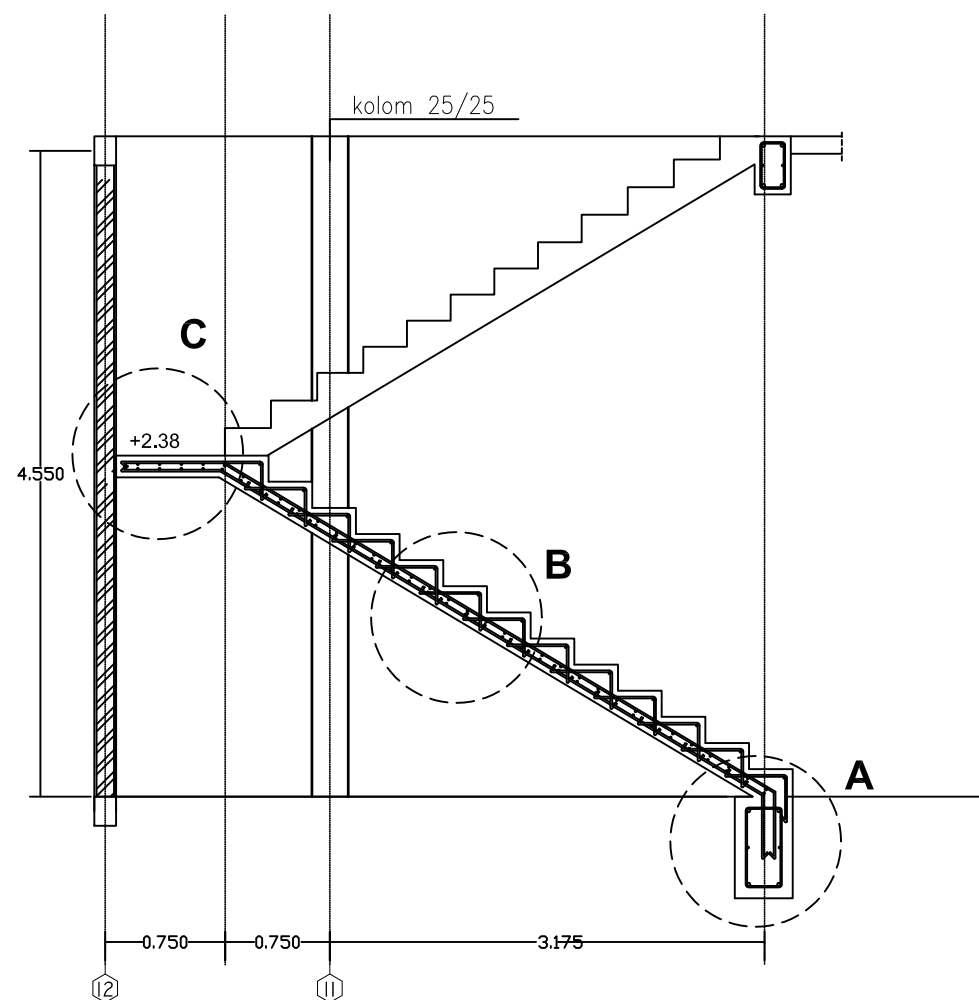
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

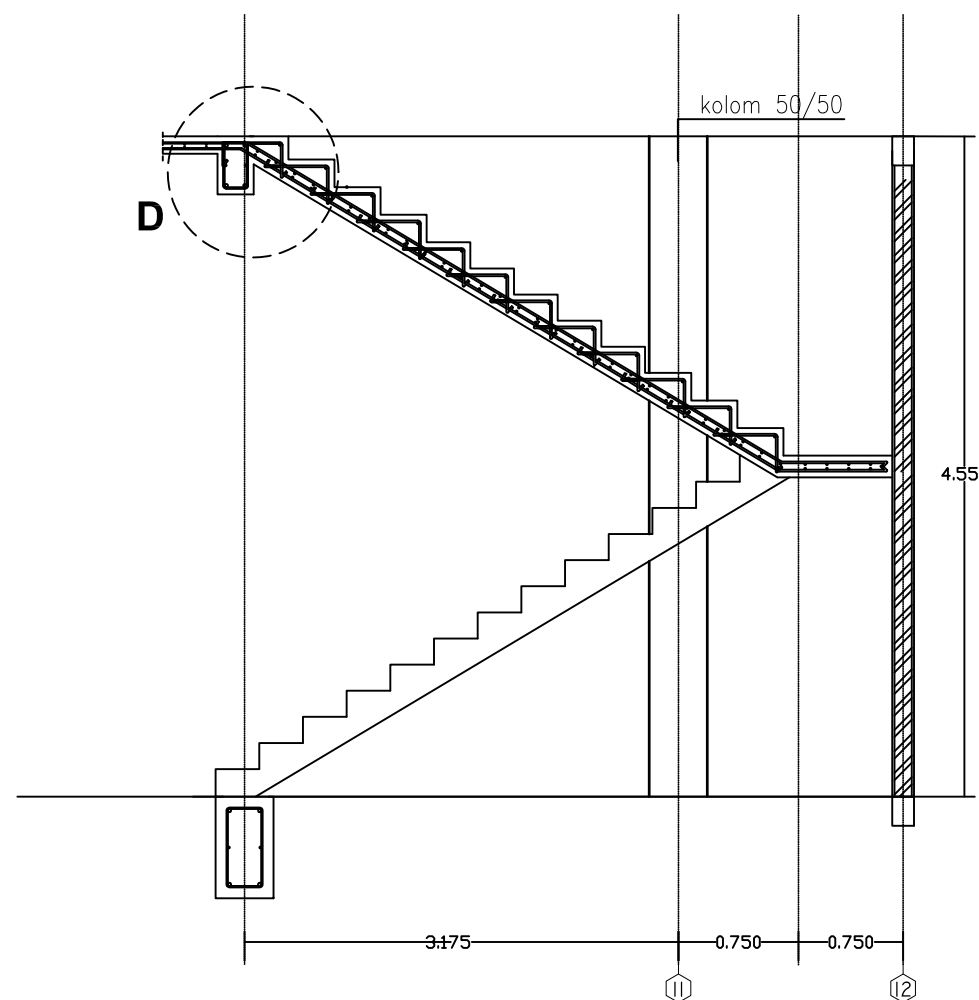
STR

R.28



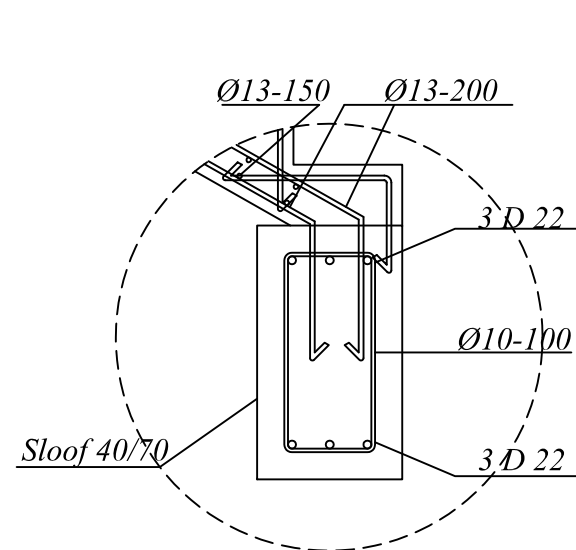
POTONGAN A-A

SKALA 1:25



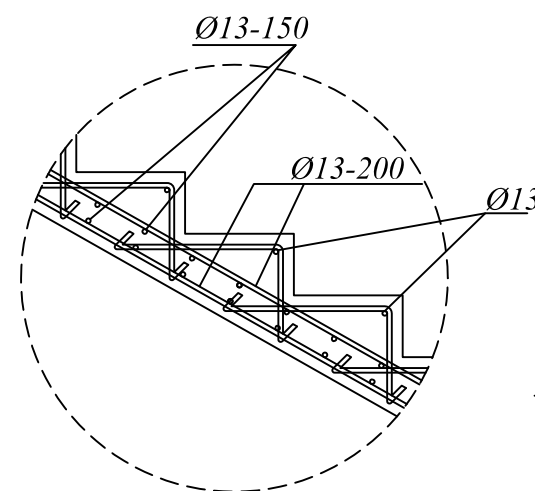
POTONGAN B-B

SKALA 1:25



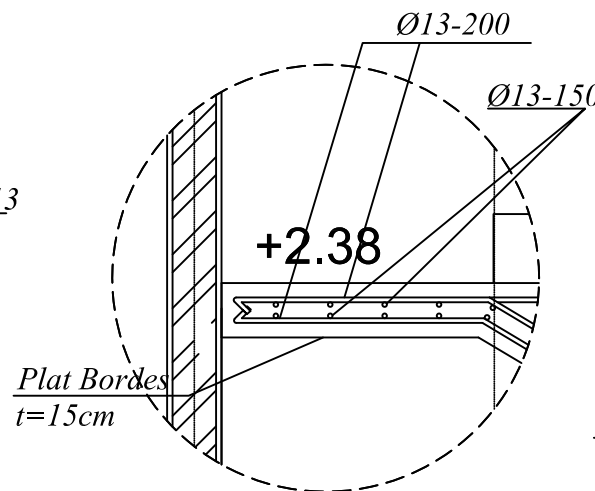
DETAIL A

SKALA 1:10



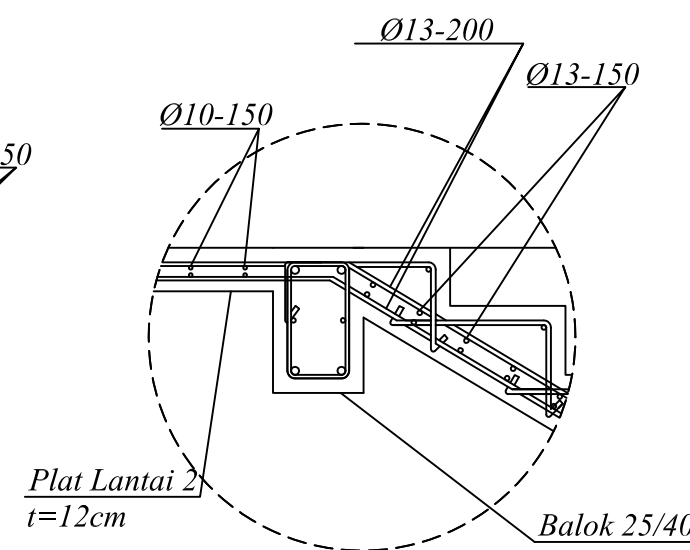
DETAIL B

SKALA 1:10



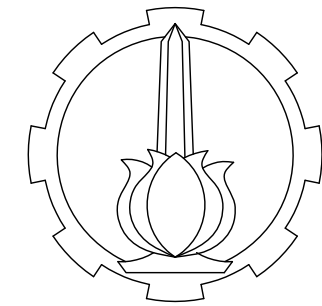
DETAIL C

SKALA 1:10



DETAIL D

SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

PORTAL MEMANJANG

1 : 70

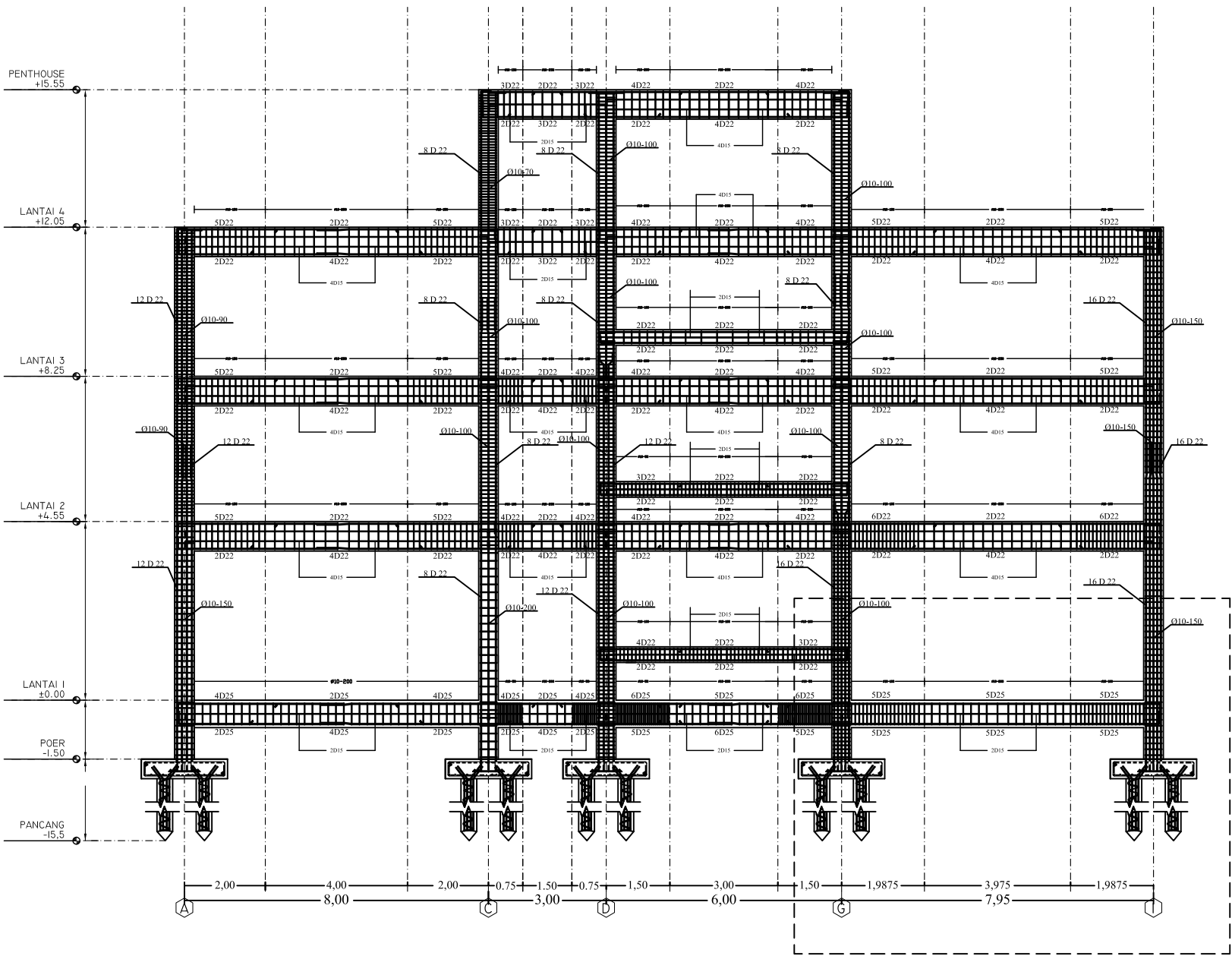
KODE

NO
LEMBAR

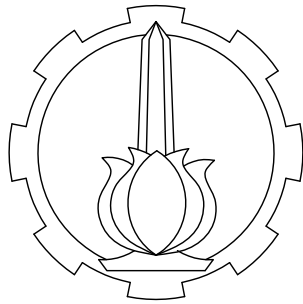
JUMLAH
LEMBAR

STR

R.29



PORTAL MEMANJANG AS-8
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-8

1 : 10

KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.31

AS A-C

KETERANGAN	FRAME 23 - LANTAI 2			FRAME 60 - LANTAI 3			FRAME 97 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 8000 b = 400 h = 750 c = 40									
Tul. atas	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150

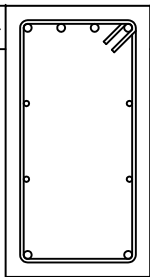
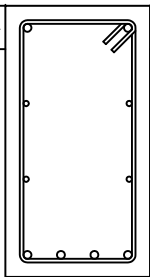
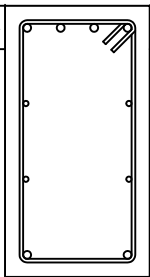
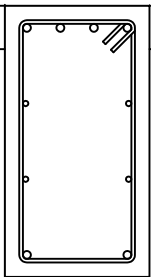
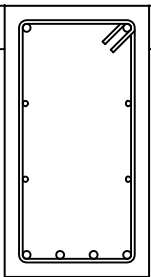
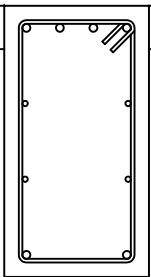
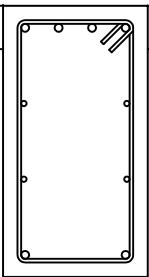
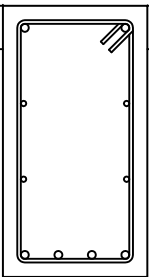
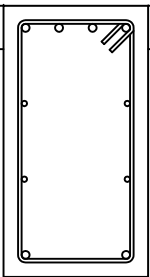
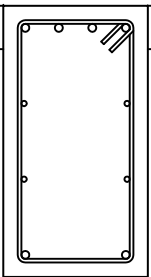
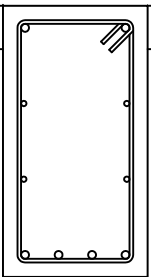
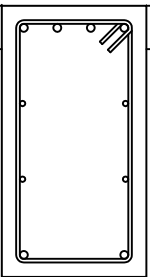
AS C-D

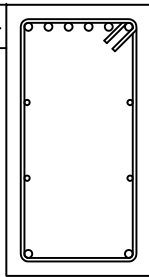
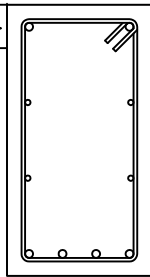
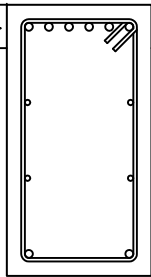
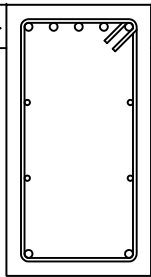
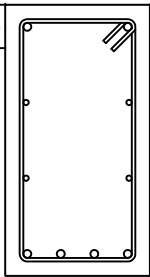
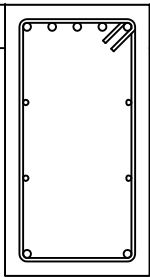
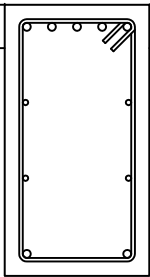
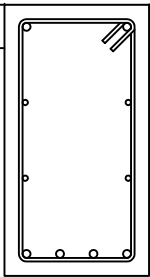
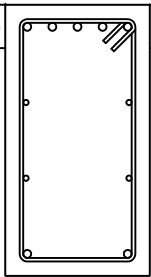
KETERANGAN	FRAME 24 - LANTAI 2			FRAME 61 - LANTAI 3			FRAME 98 - LANTAI 4			FRAME 438 - LANTAI ATAP		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 3000 b = 400 h = 750 c = 40												
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150



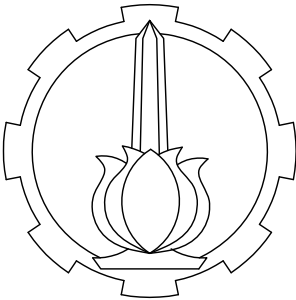
TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-8

SKALA 1:10

AS D-G												
KETERANGAN	FRAME 25 - LANTAI 2			FRAME 62 - LANTAI 3			FRAME 99 - LANTAI 4			FRAME 439 - LANTAI ATAP		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 6000 b = 400 h = 750 c = 40												
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22	2 D 22	4 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-200

AS G-I									
KETERANGAN	FRAME 26 - LANTAI 2			FRAME 63 - LANTAI 3			FRAME 100 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 7950 b = 400 h = 750 c = 40									
Tul. atas	6 D 22	2 D 22	6 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22	5 D 22	2 D 22	5 D 22
Tul.bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15	4 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-250	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-250	Ø10-150

 TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-8
SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-8

1 : 10

KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

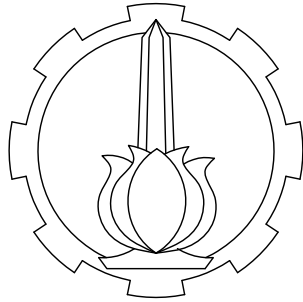
R.32

KETERANGAN	FRAME 492 - BENTANG 8000			FRAME 493 - BENTANG 3000			FRAME 494 - BENTANG 6000			FRAME 495 - BENTANG 7950		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
b = 400 h = 700 c = 75												
Tul. atas	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	4 D 25	6 D 25	6 D 25	6 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25
Tul.bawah	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	2 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25	5 D 25
Tul.puntir	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50

 TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-8
SKALA 1:70

KETERANGAN	FRAME 266 - LANTAI 1			FRAME 268 - LANTAI 2			FRAME 272 - LANTAI 3		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 6000 b = 250 h = 400 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	3 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15	2 D 15
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-400	Ø10-100	Ø10-50	Ø10-400	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-400	Ø10-200

 TABEL PENULANGAN BALOK BORDES PORTAL AS-8
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
SLOOF PORTAL AS-8

TABEL PENULANGAN
BALOK BORDES PORTAL
AS-8

1 : 10

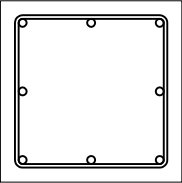
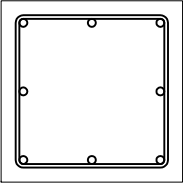
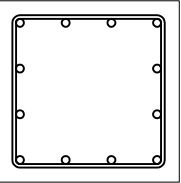
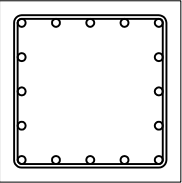
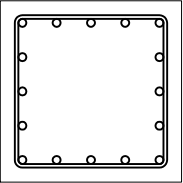
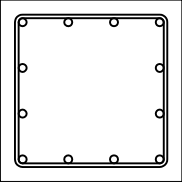
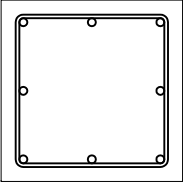
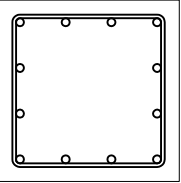
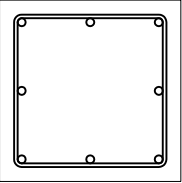
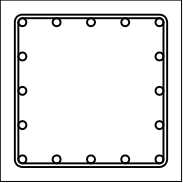
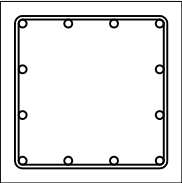
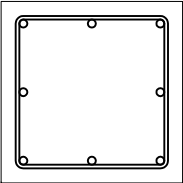
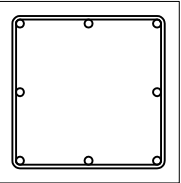
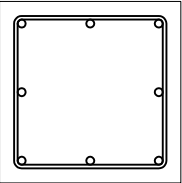
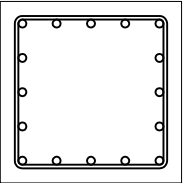
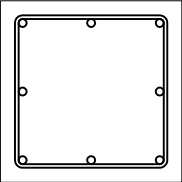
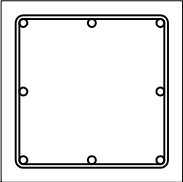
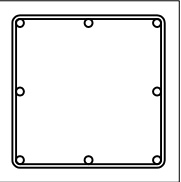
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

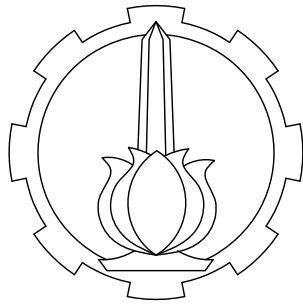
R.33

KETERANGAN	KOLOM LANTAI 1				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 4550 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	8 D 22	8 D 22	12 D 22	16 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-150	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 2				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 3700 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	12 D 22	8 D 22	12 D 22	8 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 3				
	KOLOM AS-A	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G	KOLOM AS-I
L = 3800 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	12 D 22	8 D 22	8 D 22	8 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-150
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 4				
	KOLOM AS-C	KOLOM AS-D	KOLOM AS-G		
L = 3500 b = 500 h = 500 c = 40					
Tulangan	8 D 22	8 D 22	8 D 22		
Sengkang	Ø10-70	Ø10-100	Ø10-100		



TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS-8

SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
KOLOM PORTAL AS-8

1 : 10

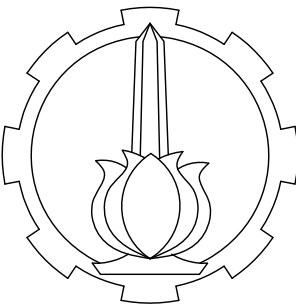
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.34



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

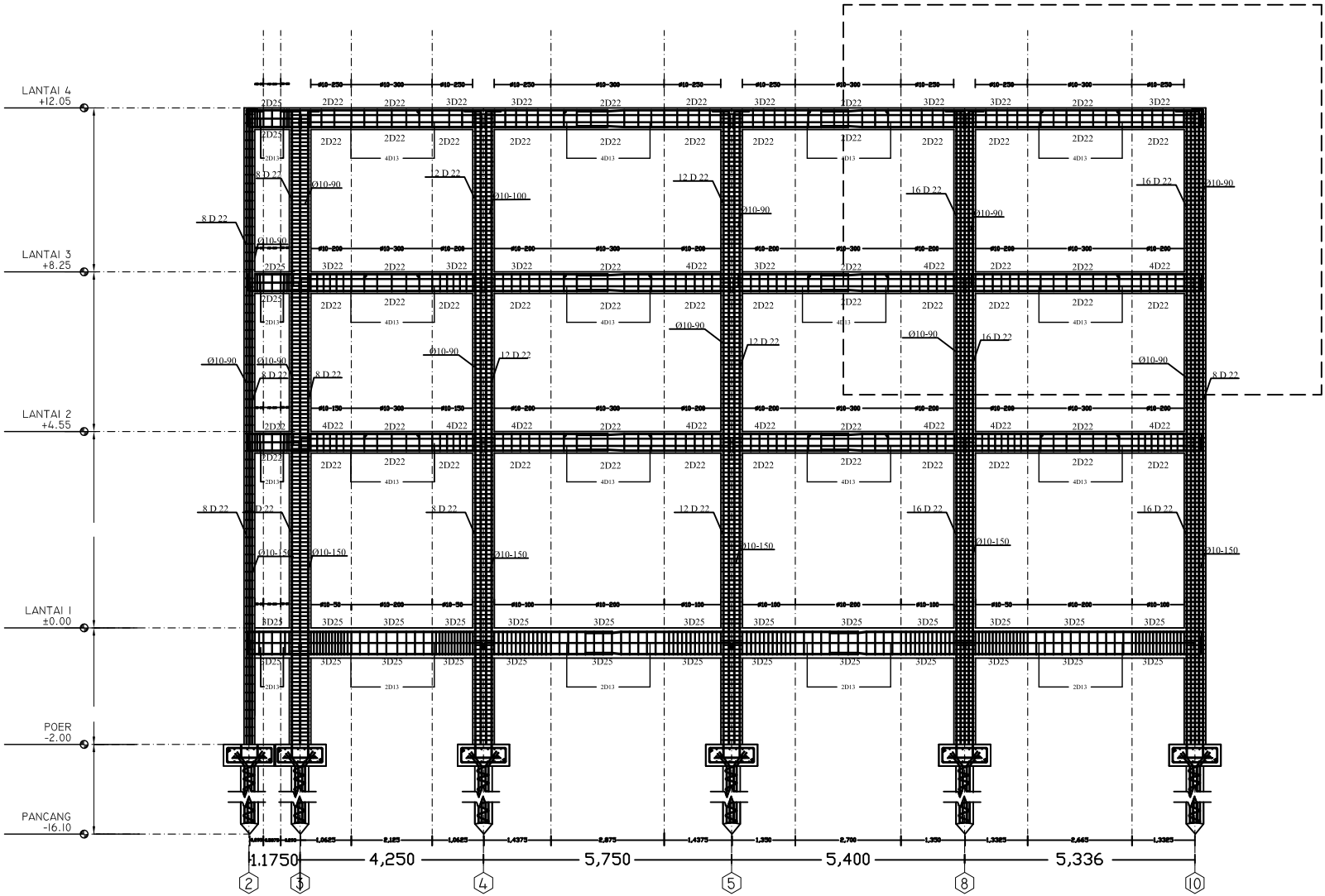
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

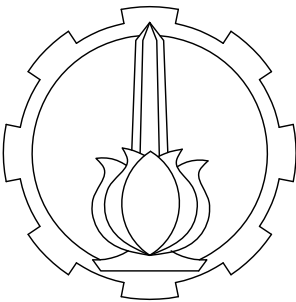
MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDUL		SKALA
PORTAL MELINTANG AS-A		1 : 70
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	R.35	



PORTAL MELINTANG AS-A
SKALA 1:70



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-A

1 : 10

KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.37

AS 2-3

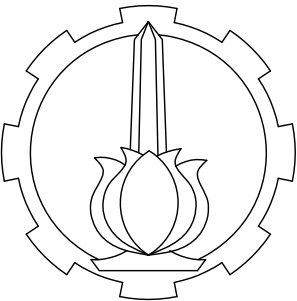
KETERANGAN	FRAME 206 - LANTAI 2			FRAME 235 - LANTAI			FRAME 264 - LANTAI		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI ³	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI ⁴	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 1175 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
Tul. Geser	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50

AS 3-4

KETERANGAN	FRAME 7 - LANTAI 2			FRAME 44 - LANTAI 3			FRAME 81 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 4250 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-150	Ø10-300	Ø10-150	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250

AS 4-5

KETERANGAN	FRAME 8 - LANTAI 2			FRAME 45 - LANTAI 3			FRAME 82 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDULSKALA

TABEL PENULANGAN
BALOK PORTAL AS-A

TABEL PENULANGAN
SLOOF PORTAL AS-A

1 : 10

KODENO LEMBARJUMLAH LEMBAR

STR
R.38


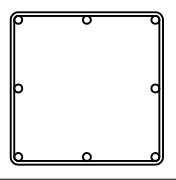
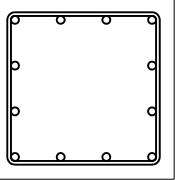
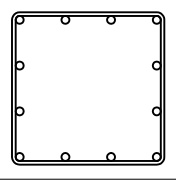
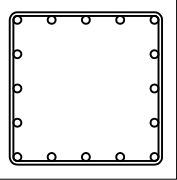
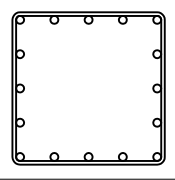

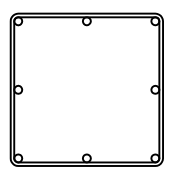
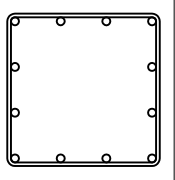
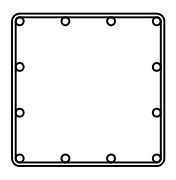
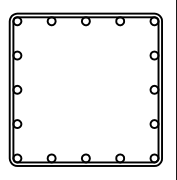
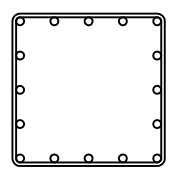

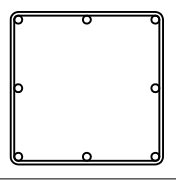
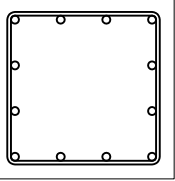
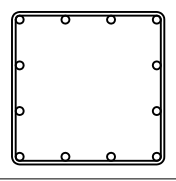
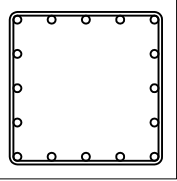
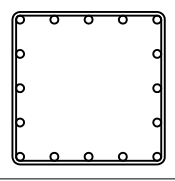
AS 5-8									
KETERANGAN	FRAME 9 - LANTAI 2			FRAME 46 - LANTAI 3			FRAME 83 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250
AS 8-10									
KETERANGAN	FRAME 10 - LANTAI 2			FRAME 47 - LANTAI 3			FRAME 84 - LANTAI 4		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
L = 5750 b = 350 h = 500 c = 40									
Tul. atas	4 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Tul.puntir	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13
Tul. Geser	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-300	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-300	Ø10-250

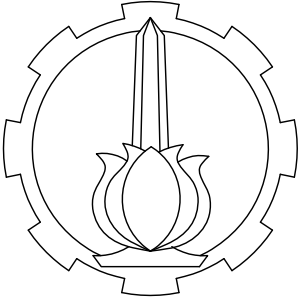
TABEL PENULANGAN BALOK PORTAL AS-A
SKALA 1:10

KETERANGAN	AS 2-3		AS 3-4		AS 4-5		AS 5-8		AS 8-10	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
b = 400 h = 700 c = 75										
Tul. atas	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25
Tul.bawah	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25	3 D 25
Tul.puntir	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
Tul. Geser	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-50	Ø10-200

TABEL PENULANGAN SLOOF PORTAL AS-A
SKALA 1:10

TABEL PENULANGAN KOLOM PADA PORTAL MELINTANG AS-A

KETERANGAN	KOLOM LANTAI 1					
	KOLOM AS-2	KOLOM AS-3	KOLOM AS-4	KOLOM AS-5	KOLOM AS-8	KOLOM AS-10
L = 4550 c = 40	 b = 250 h = 250	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500
Tulangan	8 D 22	8 D 22	12 D 22	12 D 22	16 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-250	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 2					
	KOLOM AS-2	KOLOM AS-3	KOLOM AS-4	KOLOM AS-5	KOLOM AS-8	KOLOM AS-10
L = 3700 c = 40	 b = 250 h = 250	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500
Tulangan	8 D 22	8 D 22	12 D 22	12 D 22	16 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-250	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
KETERANGAN	KOLOM LANTAI 3					
	KOLOM AS-2	KOLOM AS-3	KOLOM AS-4	KOLOM AS-5	KOLOM AS-8	KOLOM AS-10
L = 3800 c = 40	 b = 250 h = 250	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500	 b = 500 h = 500
Tulangan	8 D 22	8 D 22	12 D 22	12 D 22	16 D 22	16 D 22
Sengkang	Ø10-250	Ø10-90	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY NRP. 3111030007	ADELIA MUNAWAROH NRP. 3111030038
---------------------------------	-------------------------------------

JUDUL

SKALA

TABEL PENULANGAN
KOLOM PORTAL AS-A

1 : 10

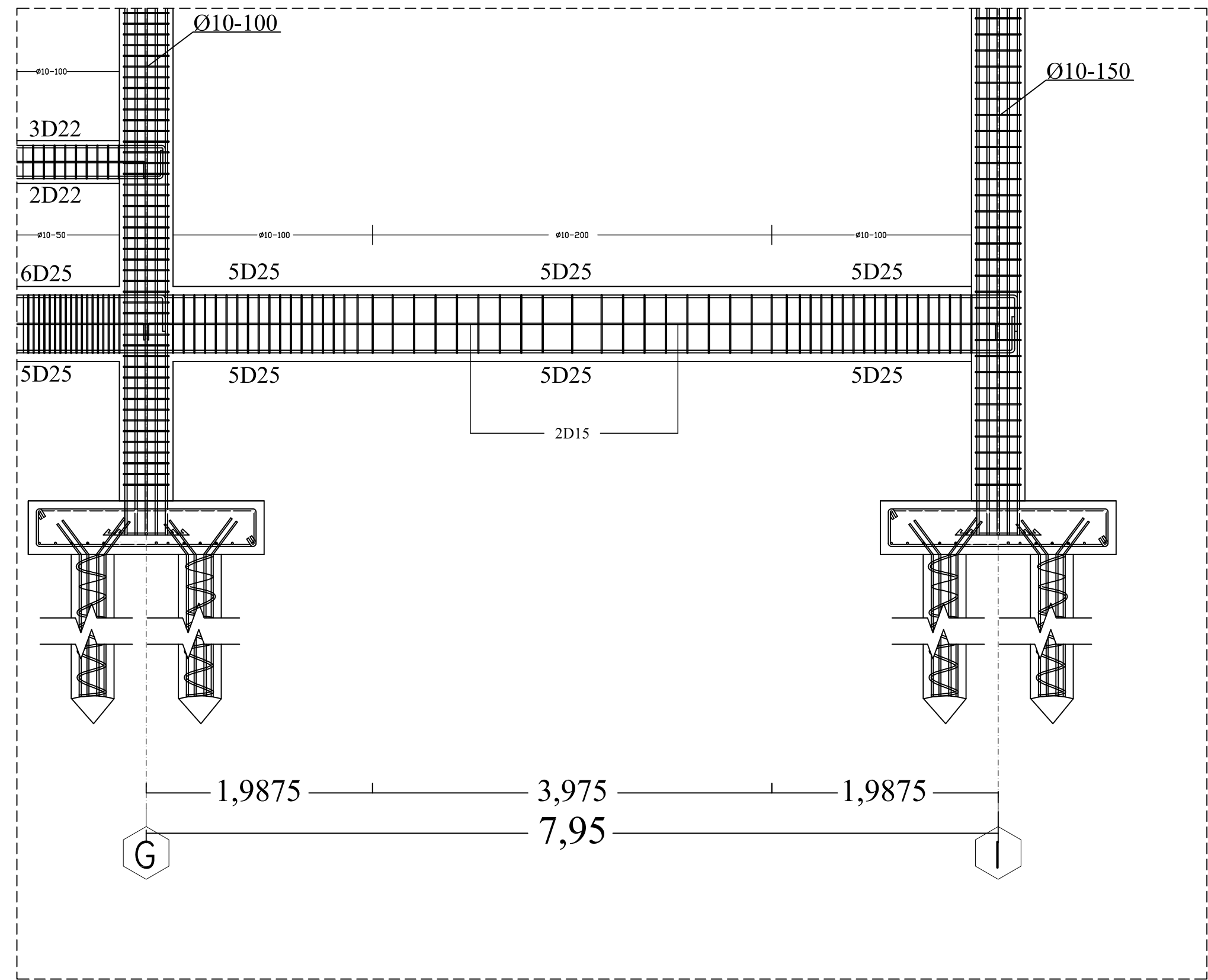
KODE

NO
LEMBAR

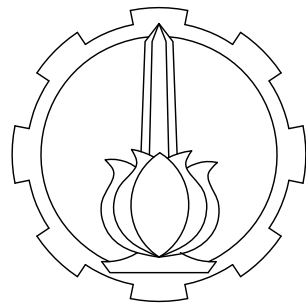
JUMLAH
LEMBAR

STR

R.39



DETAIL PORTAL AS-8
SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DETAIL PORTAL AS-8

1 : 10

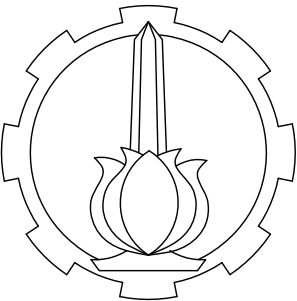
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

STR

R.30



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

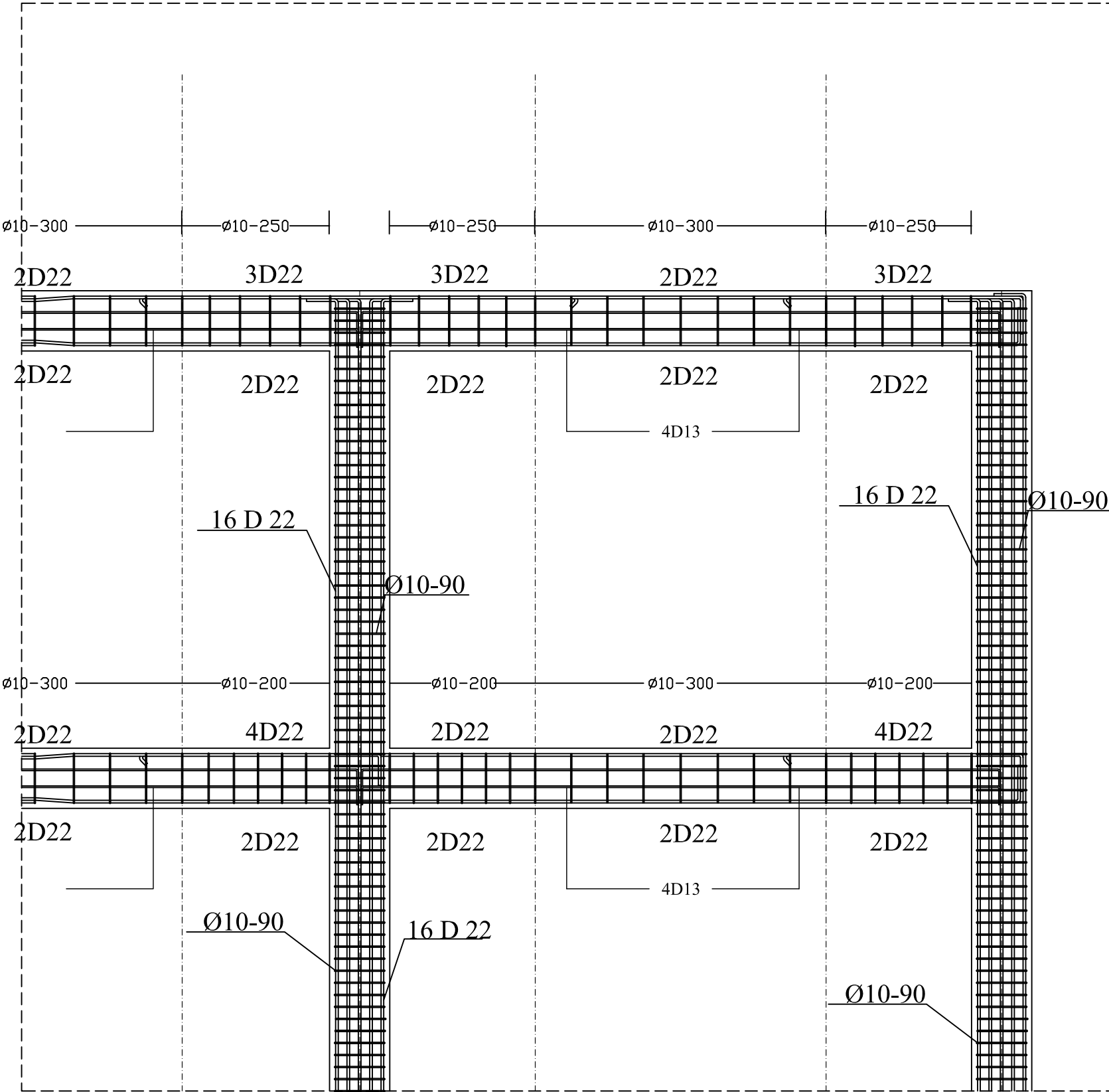
DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

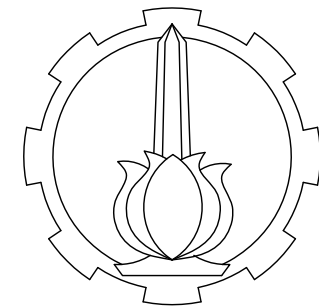
MAHASISWA

YUDITH VEMMY	ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030007	NRP. 3111030038

JUDUL		SKALA
DETAIL PORTAL AS-A		1 : 10
KODE	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	R.36	



DETAIL PORTAL AS-A
SKALA 1:10



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.

NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY

NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH

NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DETAIL PONDASI 1

1 : 30

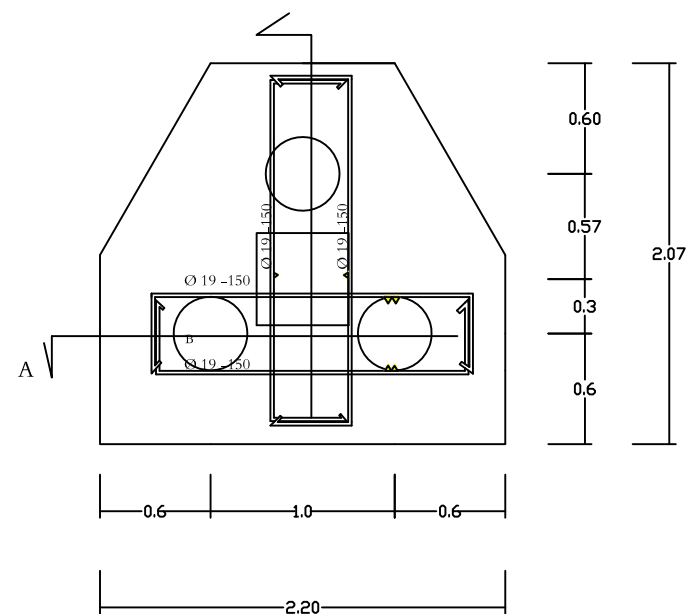
KODE

NO
LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

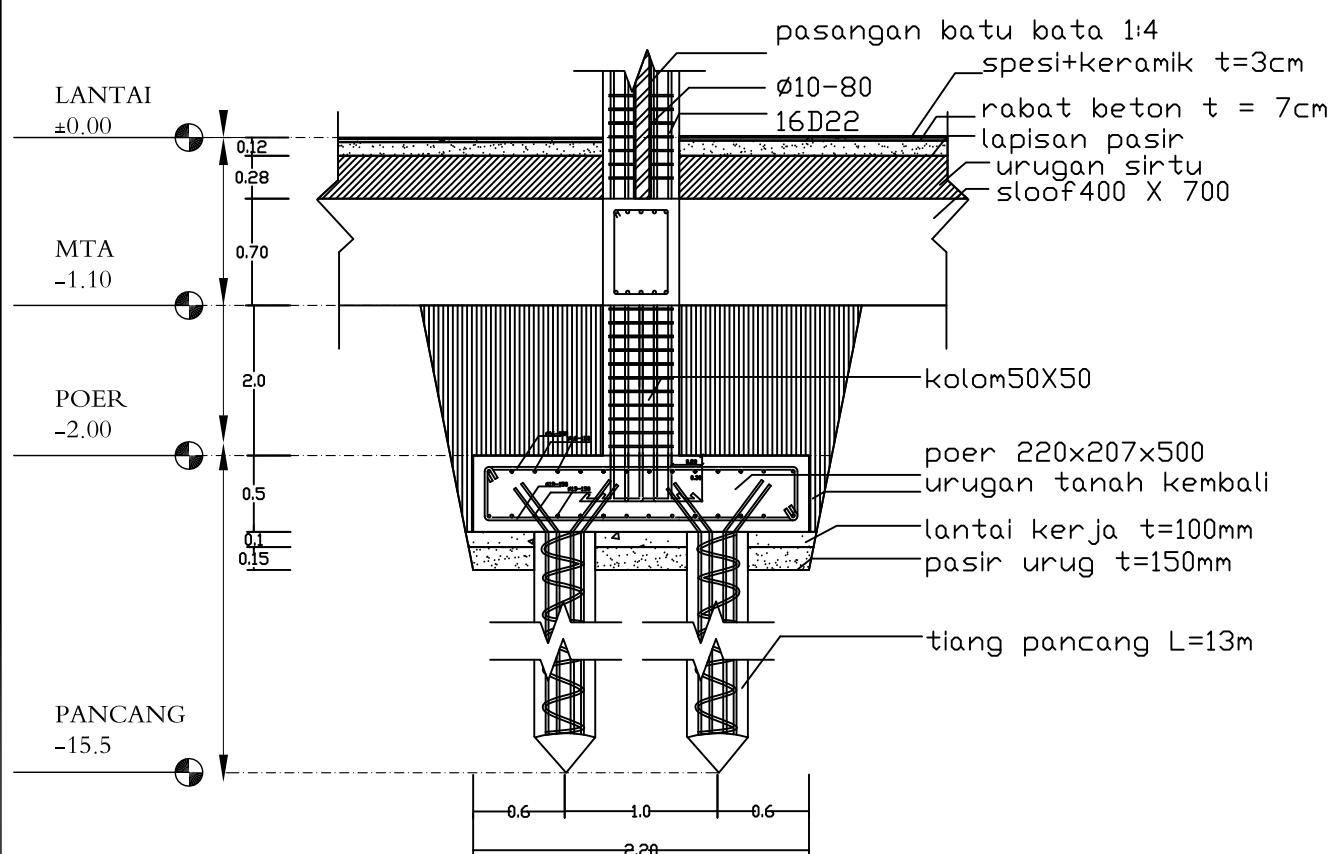
STR

40

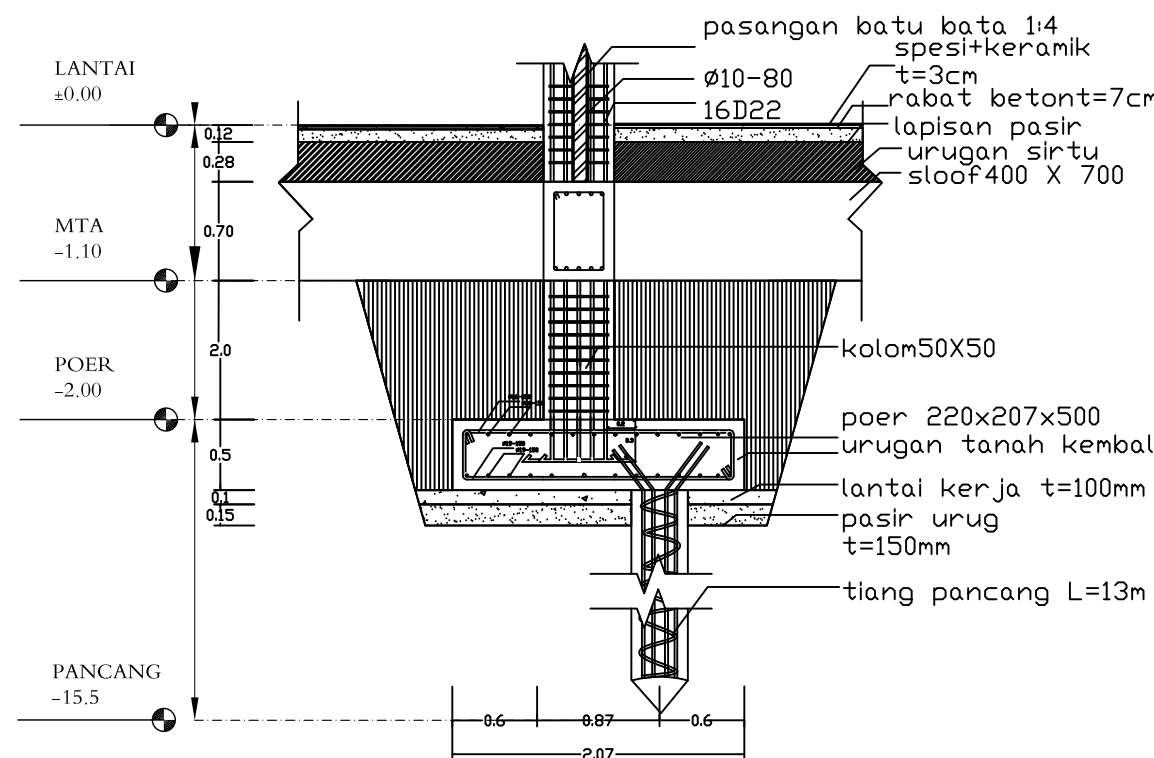


DETAIL PONDASI I
SKALA 1:30

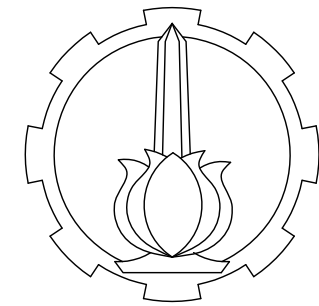
K1 50X50	FRAME 495 - BENTANG 7950		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	5 D 22	5 D 22	5 D 22
	5 D 22	5 D 22	5 D 22
	-	-	-
	Ø10-50	Ø10-200	Ø10-50



POTONGAN A
SKALA 1:30



POTONGAN B
SKALA 1:30



DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KLINIK GRAHA RA SURABAYA
DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M.EngSc., Ph.D.
NIP 19630726 198903 1 003

MAHASISWA

YUDITH VEMMY
NRP. 3111030007

ADELIA MUNAWAROH
NRP. 3111030038

JUDUL

SKALA

DETAIL PONDASI 2

1 : 30

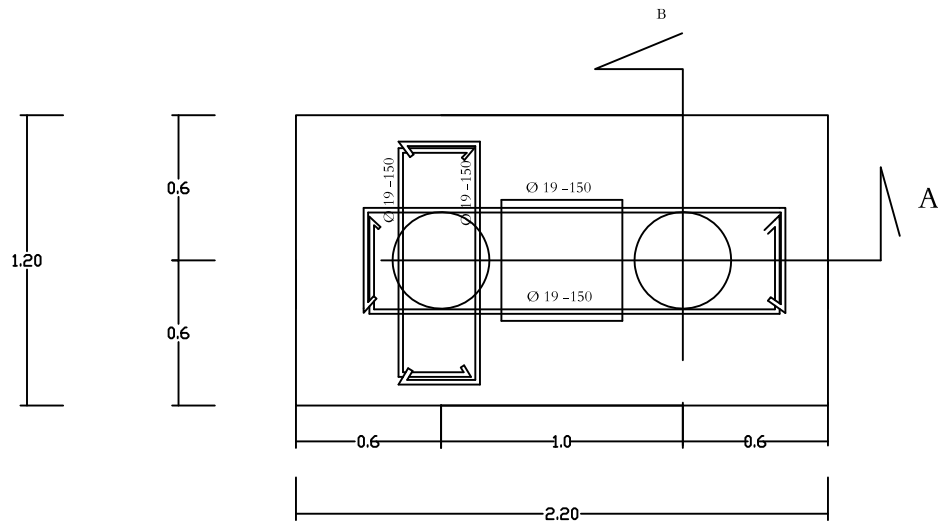
KODE

NO
LEMBAR

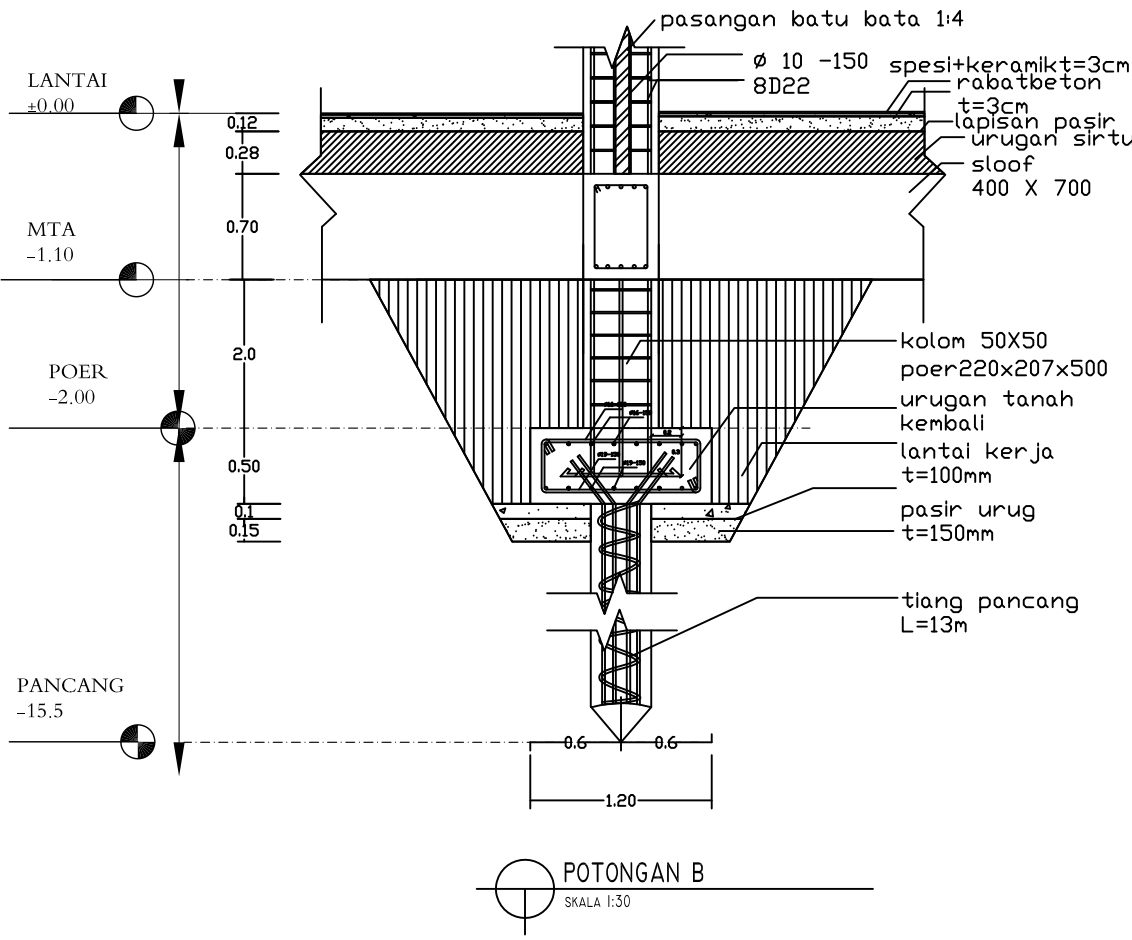
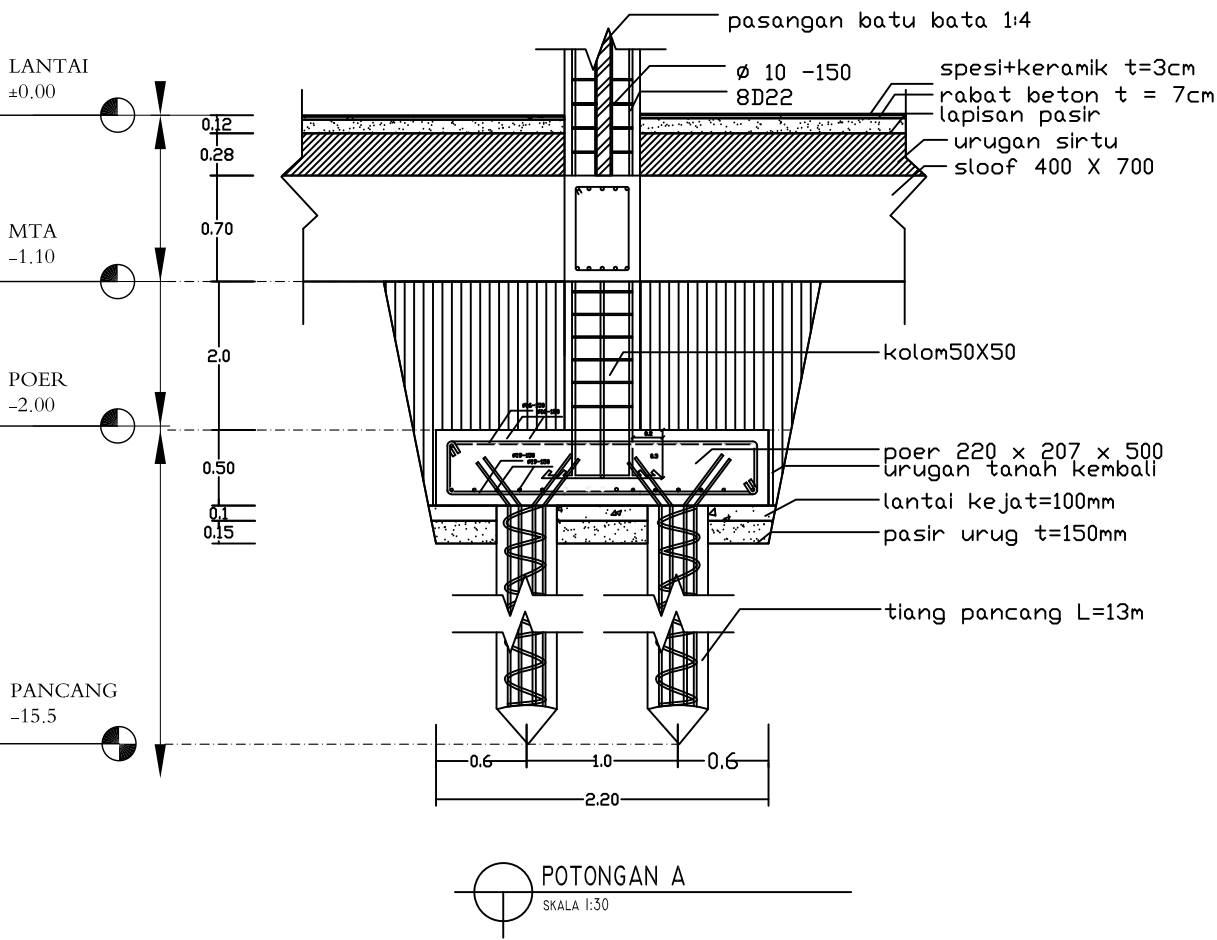
JUMLAH
LEMBAR

STR

41



K1 50X50	FRAME 495 - BENTANG 7950		
	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
	5 D 22	5 D 22	5 D 22
	5 D 22	5 D 22	5 D 22
	-	-	-
	10-50	10-200	10-50



BIODATA PENULIS

Yudith Vemmy



Penulis dilahirkan di Ende ,7 Nopember 1993, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara .Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Katolik Cinta Kasih Tebing Tinggi Sumatera Utara , SD Katolik Assisi Tebing Tinggi Sumatera Utara, SMP Katolik Santa Maria Tulung Agung , SMA Katolik Santo Augustinus Kediri. Setelah lulus dari SMA Katolik

Santo Augustinus, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Diploma 3 Teknik Sipil FTSP- ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP.3111.030.007 . Pada Program Studi Diploma 3 Teknik Sipil ini Penulis mengambil jurusan Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif di beberapa kegiatan organisasi kampus di antaranya HIMA D3 Teknik Sipil ITS sebagai staff Departemen Hublu periode 2012-2013, SC (*Steering Commite*) periode 2013-2014 . Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan yang ada selama menjadi mahasiswa.

BIODATA PENULIS



Adelia Munawaroh

Penulis dilahirkan di Sampang ,15 April 1994,merupakan anak kedua dari 3 bersaudara .Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bhayangkari Kabupaten Sampang , SDN Banyuanyar 1 Sampang , SMPN 1 Sampang , SMAN 1 Sampang. Setelah lulus dari SMAN 1 Sampang tahun 2011 , Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Diploma 3 Teknik Sipil FTSP- ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP.3111.030.038 . Pada Program Studi Diploma 3 Teknik Sipil ini Penulis mengambil jurusan Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif di beberapa kegiatan organisasi kampus di antaranya HIMA D3 Teknik Sipil ITS sebagai BPH Sekertaris umum (*Administration Team*) periode 2012-2013,Bendahara Umum Kompas ITS periode 2012-2013 . SC (*Steering Commite*) periode 2012-2013 . Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan kepanitian yang ada selama menjadi mahasiswa.